DUPLICATE
HX00011711

QM551 T57 1884
Columbia University
in the City of New York
College of Physicians and Surgeons
Library

GEO. S. HUNTINGTON.

No. 972.

LEHRBUCH

DER

GEWEBELEHRE

MIT

VORZUGSWEISER BERÜCKSICHTIGUNG DES MENSCHLICHEN KÖRPERS

BEARBEITET

VON

DR. CARL TOLDT,

O. Ö. PROFESSOR DER ANATOMIE IN PRAG.

MIT 195 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.

ZWEITE AUFLAGE.

STUTTGART.

VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1884.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Vorwort zur ersten Auflage.

Bei der Bearbeitung des vorliegenden Lehrbuches hatte ich zunächst den Zweck vor Augen, den Studirenden, welche mit dem Mikroskop in der Hand die Bestandtheile des Körpers dem feineren Bau nach kennen lernen wollen, eine geeignete Grundlage zu bieten, auf der sie ihre Arbeit mit Aussicht auf Erfolg unternehmen und durchführen könnten. Demgemäss habe ich die Materie ausgewählt und umgrenzt, darnach auch im Wesentlichen den Gang der Darstellung eingerichtet.

Niemand wird wohl ein Lehrbuch, das eine vielseitig durchgearbeitete Disciplin zum Gegenstande hat, in die Hand nehmen, um darin eine Fülle von neuen Thatsachen, oder durchaus originelle Anschauungen zu suchen. Die erste Aufgabe eines solchen wird es immer sein, dem Anfänger sowohl im Allgemeinen, als auch im Einzelnen ein klares und übersichtliches Bild von dem jeweiligen Stand und Umfang unseres Wissens vorzuhalten. Habe ich dieser Anforderung, welche der Lernende an ein Lehrbuch zu stellen berechtiget ist, Genüge geleistet, so ist das mir vorgesteckte Ziel nicht verfehlt.

Ich darf aber auch hoffen, dass der erfahrene Fachgenosse in keinem Kapitel dieses Buches die selbstthätige Forschung des Verfassers vermissen wird, wenn auch die Ergebnisse derselben nur in einer dem Lehrzweck entsprechenden, knappen Form mitgetheilt und nirgends über Gebühr in den Vordergrund gestellt worden sind.

Auf eine erschöpfende Verwerthung der Literatur, sowie auf eine ausführliche Erörterung der zahlreichen controversen Fragen musste naturgemäss verzichtet werden; doch sind die wichtigsten von den letzteren in objektiver Weise auseinandergesetzt, und dem eigenen Urtheil des Verfassers stets auch eigene, gewissenhafte Untersuchungen zu Grunde gelegt.

Für die Beschreibung der einzelnen Körperbestandtheile sind, soweit es anging, menschliche Objekte als Substrat benützt worden: nur wenn diese nicht ausreichten, wurden die Wirbelthiere mit herangezogen. Entwicklungsgeschichtliche und vergleichend-histologische Notizen habe ich dort eingefügt, wo sie besonders geeignet schienen, Plan und Durchführung der baulichen Verhältnisse zu beleuchten oder zu erklären.

Von dem ursprünglichen Vorhaben, einen besonderen Abschnitt des Buches der histologischen Methodik zu widmen, glaubte ich mit Rücksicht auf den allzu grossen Umfang, welchen dasselbe dadurch erhalten haben würde, abstehen zu sollen. Ich habe mich darauf beschränkt, in den einzelnen Kapiteln kurze Bemerkungen über die zweckmässigste Art der Behandlung der Objekte einzuschalten.

Die beigegebenen Abbildungen sind zumeist Originale, von Herrn Dr. *Julius Heitzmann* naturgetreu gezeichnet. Die dankenswerthe Sorgfalt, welche der Herr Verleger auf ihre Ausführung verwendet hat, darf der allgemeinen Anerkennung sicher sein.

Ich erachte es nun noch für nothwendig, die Bemerkung beizufügen, dass die erste Hälfte des Buches schon zu Ostern des vergangenen Jahres druckfertig war; aus diesem Grunde sind in den betreffenden Kapiteln die seither bekannt gewordenen Fortschritte unserer Wissenschaft ohne Berücksichtigung geblieben.

Prag im Juni 1877.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei Bearbeitung dieser Auflage habe ich an der allgemeinen Eintheilung und Anordnung des Stoffes nichts geändert. Im Einzelnen ist aber Vieles anders geworden.

Die seit dem Erscheinen der ersten Auflage mir zur Kenntniss gekommenen Bereicherungen der histologischen Literatur habe ich sorgfältig gesichtet, und so weit es mir möglich war, durch Nachuntersuchung geprüft. Was davon für die Zwecke eines Lehrbuches geeignet schien, wurde in die Darstellung einbezogen.

Durch die Verwendung des Petit-Druckes wurde bessere Uebersichtlichkeit und vollständigere Ausnützung des Raumes erzielt.

Einige Kapitel, z. B. die allgemeine Zellenlehre, die peripheren Endigungen der sensiblen Nerven u. s. w. bedurften einer eingreifenden Umarbeitung.

In ganz neuer Gestalt erscheint der Abschnitt über das Centralnervensystem. Die Lehre von demselben hat sich während der zwei letzten Dezennien gewissermassen zu einem Spezialzweig der Anatomie herausgebildet, dessen Förderung zu einem guten Theile nicht den zünftigen Anatomen, sondern den Neuropathologen zum Verdienste angerechnet werden muss.

Was wir heute über den feineren Bau des Centralnervensystems wissen, konnte niemals durch einfache anatomische, beziehungsweise histologische Forschung ermittelt werden. Klinische Beobachtung, pathologische und experimentelle Untersuchungen mussten sich mit der Arbeit des Anatomen in mannigfachster Weise combiniren. Desshalb steht es ausser Frage, dass auf diesem Gebiete dermalen demjenigen

vorzugsweise das Wort gebührt, welcher alle die genannten Methoden beherrscht und zu üben Gelegenheit hat.

Mit Rücksicht auf die Behandlung dieses Gegenstandes für die zweite Auflage meines Lehrbuches stand es von vorneherein fest, dass dieselbe eine ausführlichere sein und namentlich die topographischen Verhältnisse besser berücksichtigen müsse. Weiterhin aber kam Alles darauf an, dass die Darstellung den praktischen Bedürfnissen des Studirenden und des Arztes möglichst angepasst und von der grossen Menge der bekannt gewordenen Thatsachen vornehmlich das berücksichtigt werde, was durch übereinstimmende Ergebnisse verschiedener Methoden als sichergestellt erachtet werden darf.

Ich habe es daher mit Freuden begrüsst, dass mein geehrter Freund, Professor *O. Kahler,* meinem Ersuchen, die Neubearbeitung dieses Abschnittes zu übernehmen, bereitwilligst willfahrte. Ich selbst habe mir davon nur die allgemein histologische Beschreibung der Elementartheile, der Hirnhäute und der Blutgefässvertheilung vorbehalten; die gesammte Darstellung des Zusammenhanges der Theile im Centralnervensystem und des Aufbaues der verschiedenen Bezirke desselben ist hingegen durchaus selbständige Arbeit Professor *Kahler's.*

Ich hoffe, dass so der Richtung, nach welcher sich die feinere Anatomie der nervösen Centralorgane vorzüglich entwickelt hat, sowie der grossen Bedeutung, welche dieselbe für die verschiedensten medizinischen Wissenszweige erlangt hat, in vollem Maasse Rechnung getragen ist.

Die dieser Auflage neu hinzugefügten Abbildungen — 70 an Zahl — sind von Hrn. *Reisek* gezeichnet und durch die Verlagshandlung mit der anerkennenswerthesten Sorgfalt auf zinkographischem Wege reproducirt worden. Soweit dieselben auf den Abschnitt über das Centralnervensystem entfallen — es sind deren 35 — ist ihre Anfertigung durch Herrn Professor *Kahler* besorgt worden und zwar grösstentheils nach seinen eigenen Präparaten.

Prag, am 1. Januar 1884.

C. Toldt.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

Einleitung 1

I. Abschnitt.

Von den Baumitteln des Körpers.

A. Die thierische Zelle. S. 8—100.

Allgemeine Zellenlehre. S. 8—40.

Morphologische Eigenschaften der Zellen 9

Zellkörper 9

Zellkern 12

Zellmembran 15

Form und Grösse der Zellen 16

Vitale Eigenschaften der Zellen 18

Stoffwechsel der Zellen 19

Lebensäusserungen der Zellen 21

Bewegungserscheinungen an den Zellen 21

Entstehung und Fortpflanzung der Zellen 28

Wachsthum der Zellen 35

Lebensdauer der Zellen 36

Bedeutung der einzelnen Zellbestandtheile 37

Gegenseitige Beziehungen der Zellen 39

Die Zellen — ihre Abarten und Derivate. S. 40—100.

1) Die lymphoiden Zellen 40

Lymphzellen 42

Farblose Blutzellen 42

Wanderzellen 44

Die lymphoiden Zellen des adenoiden Gewebes 45

Die lymphoiden Zellen des Knochenmarkes 45

2) Die farbigen Blutzellen 46

3) Die Epithelial- und Drüsenzellen 58

4) Die Bindesubstanzzellen 67

5) Die Fettgewebszellen 70

6) Die Muskelfasern 74

Die glatten Muskelfasern 74

Die quergestreiften Muskelfasern 76

Seite

7) Die Nervenfasern 86
Die markhaltigen Nervenfasern 87
Die marklosen Nervenfasern 95
8) Die Ganglienzellen 97

B. Die Intercellularsubstanzen. S. 101—110.

Die erste Gruppe der Zwischensubstanzen 101
Die gallertartige Zwischensubstanz 102
Die Substanz des hyalinen Knorpels 102
Die leimgebende Substanz des Bindegewebes 102
Die elastische Substanz 104
Die Zwischensubstanz der Knochen 106
Die zweite Gruppe der Zwischensubstanzen (Kittsubstanzen) 107
Die dritte Gruppe der Zwischensubstanzen 107
Die Grundmembranen 108
Die Membranae propriae 108
Die Cuticularbildungen 108
Herkunft und Entwicklung der Zwischensubstanzen 109
Lebenserscheinungen der Zwischensubstanzen 110

II. Abschnitt.

Von dem Aufbau der Körperbestandtheile.

I. Kapitel. Der allgemeine Stütz- und Bindeapparat des Körpers. S. 111—161.

Das Bindegewebe 112
Das fibrilläre Bindegewebe 112
Das gallertartige Bindegewebe 122
Das reticuläre Bindegewebe 123
Der Knorpel 125
Der hyaline Knorpel 126
Der Netzknorpel 133
Der Bindegewebsknorpel 135
Der Knochen 136
Die Entstehung und das Wachsthum der Knochen 148
Anhang. Das Fettgewebssystem 157

II. Kapitel. Der active Bewegungsapparat. S. 161—166.

Die Muskulatur mit quergestreiften Elementen 161
Die Muskulatur mit glatten Elementen 165

III. Kapitel. Der Nervenapparat. S. 167—326.

Das Centralorgan. S. 167—305. (Von S. 175—301 von Prof. *Kahler* bearbeitet.)
Das Rückenmark S. 168—196.
Nervöse Elemente des Rückenmarkes 169
Stützsubstanz des Rückenmarkes 173
Faserverlauf. — Untersuchungsmethoden 175

Seite
Das Rückenmarkssegment 179
Das Verhalten der Nervenwurzeln 183
Verbindungen der grauen Säulen mit dem Markmantel 186
Der Markmantel des Rückenmarkes 187
Fasersysteme der Vorder- und Seitenstränge 189
Fasersysteme der Hinterstränge 194
Das verlängerte Mark. S. 196—220.
Geschlossener Theil des verlängerten Markes 200
Offener Theil des verlängerten Markes 208
Die Brücke. S. 220—236.
Das Kleinhirn. S. 236—242.
Das Mittelhirn. S. 242—254.
Untere Vierhügel 244
Obere Vierhügel 248
Das Grosshirn. S. 254—301.
Der Grosshirnstamm 254
Structur der grauen Massen des Grosshirnstammes 259
Frontalschnitte in der Region des Pulvinar 261
Ursprung des Opticus, — Tractus und Chiasma 264
Frontalschnitte in der Region der Zwischenschicht 268
Frontalschnitte in der Linsenkern-Sehhügelregion 276
Frontalschnitte in der Linsenkern-Schweifkernregion 279
Horizontalschnitte des Grosshirnstammes 281
Fasersysteme im Grosshirnschenkel und in der inneren Kapsel . . 284
Hypophysis, Zirbel 290
Der Grosshirnmantel 292
Die Rinde der Hakenwindung und das Ammonshorn 297
Der Riechlappen. — Ursprung der Riechnerven 300
Hüllen des Centralorganes 301
Blutgefässe des Centralorganes 304
Die peripheren Nerven 305
Die Ganglien 308
Die peripheren Endigungen der Nerven 312
Endigungen der motorischen Nerven 312
Endigungen der sensiblen Nerven 315
Tastkörperchen 317
Merkel'sche Tastzellen 317
Meissner'sche Tastkörperchen 319
Kugelige Endkolben *Krause's* 320
Gelenknervenkörperchen 321
Genitalnervenkörperchen 321
Kolbenkörperchen 322
Cylindrische Endkolben *Krause's* 322
Vater'sche Körperchen 323

IV. Kapitel. Der Circulationsapparat. S. 326—385.

Das Blutgefässsystem 326
Das Herz 326
Die Arterien 330

Seite
Die Venen 339
Die Capillargefässe 343
Anhang: Steissdrüse und Carotisdrüse 351
Das Lymphgefässsystem 352
Die Lymphgefässe 353
Die Lymphsinus 357
Das Verhältniss der Lymphgefässe zu den sie umgebenden Geweben 361
Das adenoide Gewebe und seine Formationen 366
Die Lymphknoten 369
Die Thymus 376
Die Milz 379

V. Kapitel. Der Verdauungsapparat. S. 385—474.

Einleitung. Allgemeines über Schleimhäute und Drüsen 385
Der bindegewebige Antheil der Schleimhäute 385
Das Epithelium 389
Von den Drüsen 395
Die Wandungen der Mundhöhle 403
Die Zähne 407
Die Zunge 416
Der Schlundkopf und die Speiseröhre 426
Der Magen 429
Der Darm 434
Die Blutgefässe des Magens und Darmes 443
Die Lymphgefässe des Magens und Darmes 446
Die Nerven des Magens und Darmes 448
Die Speicheldrüsen 449
Die Leber 455
Bauchfell und Gekröse 472

VI. Kapitel. Der Athmungsapparat. S. 474—487.

Der Kehlkopf 474
Die Luftröhre 476
Die Lungen 477
Anhang: Die Schilddrüse 486

VII. Kapitel. Der uropoëtische Apparat. S. 487—512.

Die Nieren 487
Die ableitenden Harnwege 501
Ureter und Nierenbecken 501
Die Harnblase 503
Die Harnröhre 506
Anhang. Die Nebenniere 508

VIII. Kapitel. Der Geschlechtsapparat. S. 512—547.

Die männlichen Geschlechtswerkzeuge 512
Das männliche Geschlechtsprodukt (Samen) 512
Die männlichen Geschlechtsdrüsen 514

Seite

Die ableitenden Samenwege 522
Die Nebenhoden 522
Die Samenleiter 523
Die Samenblasen 523
Die Ductus ejaculatorii 523
Paradidymis, Vas aberrans, Hydatiden 524
Glandula prostatica 525
Die *Cowper'schen* Drüsen 527
Die Corpora cavernosa des Penis und der Urethra 528
Die weiblichen Geschlechtswerkzeuge 531
Das weibliche Geschlechtsprodukt (das Ei) 531
Die weiblichen Geschlechtsdrüsen 532
Epoophoron und Paroophoron 539
Die Eileiter 540
Die Gebärmutter 541
Die Scheide und die äusseren weiblichen Genitalien 545

IX. Kapitel. Die äussere Haut. S. 547—578.

Die Lederhaut 547
Die Epidermis 552
Die Nägel 554
Die Haare 556
Die Talgdrüsen 566
Die Schweissdrüsen 568
Die Blutgefässe der Haut 570
Die Lymphgefässe der Haut 572
Die Nerven der Haut 573
Anhang: Die Milchdrüse 574

X. Kapitel. Die Sinnesapparate. S. 578—664.

Der Sehapparat. S. 579—637.

Sehnerv und Augapfel 579
Der Sehnerv 579
Die weisse Augenhaut 582
Die Hornhaut 585
Die Aderhaut 590
Die Regenbogenhaut 595
Die Netzhaut 598
Der Glaskörper 613
Die Krystalllinse 614
Die Zonula ciliaris 617
Die Blutgefässe des Augapfels 618
Die Lymphbahnen des Augapfels 625
Die Nerven des Augapfels 627
Accessorische Bestandtheile des Sehapparates 629
Die Bindehaut 629
Die Lider 631
Thränendrüse, Thränenröhrchen, Thränensack 636

Seite

Der Gehörapparat. S. 637—659.

Innere Sphäre des Gehörapparates 638
Die Vorhofssäckchen und die häutigen Bogengänge 638
Die Schnecke 641
Blutgefässe 650
Lymphbahnen 652
Mittlere Sphäre des Gehörapparates 652
Die Trommelhöhle 652
Die Ohrtrompete 653
Blutgefässe, Lymphgefässe, Nerven 655
Aeussere Sphäre des Gehörapparates 656
Das Trommelfell 656
Der äussere Gehörgang 657
Die Ohrmuschel 657
Blutgefässe, Lymphgefässe, Nerven 658

Der Geruchsapparat. S. 659—664.

Die Regio olfactoria der Nasenhöhle 659
Die Regio respiratoria der Nasenhöhle 663
Die Nebenhöhlen der Nase 663
Blutgefässe, Lymphgefässe, Nerven 664

Einleitung.

*Die Gewebelehre — Histologie**) — hat mit Rücksicht auf thierische Organismen die Aufgabe, den feineren Bau der einzelnen Theile derselben, und die Eigenschaften ihrer Baumittel, soweit sie durch die mikroskopische Beobachtung erkannt werden können, darzulegen. Ebenso wie die anatomische Forschung den Gesammt-Organismus in seine Abschnitte und Bestandtheile zerlegt, dieselben im Einzelnen nach Form und Beschaffenheit untersucht, ihre gegenseitigen Beziehungen ermittelt, und endlich klar zu stellen trachtet, wie dieselben zum Aufbau des Gesammtkörpers zusammentreten — ganz analoge Ziele verfolgt die Gewebelehre mit Bezug auf die einzelnen Bestandtheile des Organismus selbst. Sie unternimmt es, einen jeden derselben in eine Anzahl kleinster, dem freien Auge nicht mehr wahrnehmbarer Formelemente — *Elementartheile* — zu zerlegen, an diesen die Gestalt, die physikalischen und chemischen Charaktere zu untersuchen, die Gesetze ausfindig zu machen, nach welchen sie zu einander geordnet sind, und endlich die innere Organisation eines jeden Körperbestandtheiles aufzudecken. Insoweit sind die Objekte der Gewebelehre die Bestandtheile des todten Organismus, sie selbst aber eine wahre *mikroskopische Anatomie.* Sie hat nach dieser Richtung hin die *Morphologie, Terminologie* und *Topographie* der Elementartheile in's Auge zu fassen und schliesst ab mit der Lehre von dem *Aufbau* der Bestandtheile des Körpers.

Allein gleichwie eine wissenschaftliche Behandlung der Anatomie sich unmöglich auf die Beschreibung von Form- und Lage-Verhältnissen

*) Der Ausdruck Histologie ist zuerst von C. Mayer (1819) gebraucht worden; er stammt von dem griechischen ὁ ἱστός — der Mastbaum, das Segel, das Gewebe überhaupt. Da die Griechen auch das Diminutivum τὸ ἱστιον in dem letzteren Sinne in Gebrauch hatten, so wird von Einigen dieses als Stammwort betrachtet, und Histiologie geschrieben.

allein beschränken kann, vielmehr die Gestaltung und Anordnung der Körpertheile stets mit Rücksicht auf ihre physiologische Funktion in's Auge fassen muss, nicht minder erstreckt sich die Aufgabe der Histologie weit hinaus über morphologische und topographische Erörterungen.

Nachdem man einmal erkannt hatte, dass die Elementartheile, so lange sie sich in lebensfähigem Zustande befinden, gewisse mikroskopisch wahrnehmbare Eigenschaften besitzen, welche sie mit dem Absterben verlieren, nachdem man ferner in Erfahrung gebracht hatte, dass sich in den Elementartheilen während ihrer physiologischen Thätigkeit ganz bestimmte, mikroskopisch nachweisbare Veränderungen abspielen — mit einem Worte, seitdem man gelernt hatte, die *vitalen* Eigenschaften der Elementartheile zu studiren, von dieser Zeit an erweiterte sich die Aufgabe der Gewebelehre ganz erheblich, und die mikroskopische Beobachtung musste mit dem physiologischen Experiment in Verbindung gebracht werden. So ist denn heute die Histologie nicht nur im Stande, dem Anatomen durch Aufdeckung des feineren Baues der einzelnen Körperbestandtheile werthvolle Anhaltspunkte zur Beurtheilung ihrer makroskopischen Eigenschaften an die Hand zu geben, sondern auch für die Physiologie ist sie bereits eine reiche Fundgrube wichtiger, die Lebensvorgänge beleuchtender und erklärender Thatsachen geworden.

Die durch mikroskopische Untersuchung erkennbaren geformten Elementartheile sind die Baumittel, mit Hülfe welcher das ganze Gebäude des Thierkörpers hergestellt ist. Sie sind es, deren Beschaffenheit, Gruppirung und Fügung das äussere Aussehen und die physikalischen Charaktere der Körperbestandtheile in erster Linie bedingen. Sie sind es aber auch, welche vermöge ihrer chemischen und vitalen Eigenschaften die physiologische Dignität der Körperbestandtheile begründen, welche jeden einzelnen derselben befähigen, in einer ganz bestimmten Weise und mit eigenartigen Verrichtungen zu dem Gesammtleben des thierischen Körpers beizutragen. Die Erkenntniss dieser Baumittel und die Erforschung ihrer Eigenschaften wird uns daher zunächst beschäftigen.

Die bis zu dem heutigen Tage gewonnenen Erfahrungen zahlreicher Forscher haben übereinstimmend dargethan, dass es der den Organismus zusammensetzenden Baumittel verhältnissmässig nur wenige Arten gibt, und dass die grosse Mannigfaltigkeit in den physikalischen und vitalen Eigenschaften der Körperbestandtheile durch gewisse Modifikationen der Baumittel, durch ihre relative Menge und verschiedene Gruppirung erreicht worden ist. Soweit wir den Thierkörper zu untersuchen, soweit wir in das Detail seines Aufbaues einzudringen vermögen

— die letzten Formelemente seiner scheinbar so heterogenen Bestandtheile lassen sich ohne Zwang auf einige wenige Grundformen zurückführen. Und so wie der ganze complicirte Organismus seine erste Anlage einem einfachen, primitiven Gebilde — dem *Ei* — verdankt und sich allmälig aus ihm heraus entwickelt, ebenso ist es *ein* Formelement — *die thierische Zelle*, — welches in seinen verschiedenen Abarten bleibend die wesentliche Grundlage für alle seine Bestandtheile darstellt. Wir begegnen aber unter den Baumitteln des thierischen Körpers auch Formationen, welche wir, so wie sie sich uns präsentiren, nicht mehr unter den Begriff der Zelle subsumiren können, welche allerwärts zwischen den zelligen Elementen eingefügt sind, und da mit grösserer, dort mit geringerer Massenentfaltung auftreten. Sie werden mit dem Ausdruck *Zwischensubstanzen — Intercellularsubstanzen* — zusammengefasst.

Indem sich die elementaren Baumittel in gesetzmässiger Weise aneinander lagern, und zwar so, dass zunächst immer gleichartige oder doch wenigstens ihrer Abkunft oder Verrichtung nach zusammengehörige Elemente zu einem einheitlichen Gefüge sich ordnen, entstehen die *thierischen Gewebe*. Der Ausdruck *Gewebe — Textura* — bezieht sich zunächst nur auf die typische Anordnung und Fügung bestimmter elementarer Baumittel und auf die daraus resultirende Beschaffenheit eines Körpertheiles. Mit Rücksicht auf das histologische System ist jedoch der Begriff des Gewebes viel enger — allerdings von den verschiedenen Autoren nicht übereinstimmend — umgrenzt worden. Es ist nemlich eine lange gekannte, durch *Bichat* zuerst wissenschaftlich verwerthete Thatsache, dass gleichartige oder verwandte Elementartheile sich in gesetzmässiger Weise zu bestimmten Formationen vereinigen, welche entweder eine gewisse morphologische Selbständigkeit besitzen, oder auch zum Aufbau der verschiedensten Körperbestandtheile beitragen können. Solche, gewissermassen *primäre Formationen* der Elementartheile nennt man Gewebe. Man spricht so von einem Knochengewebe, Drüsengewebe, Nervengewebe u. s. w., indem man damit ausdrücken will, dass die Baumittel, welche den Knochen zum Knochen, die Drüse zur Drüse stempeln, in dieser oder in jener Weise gefügt seien. Man hat dabei einzig und allein die für die Klassifikation der Körperbestandtheile massgebenden Formelemente im Auge, ohne Rücksicht darauf, ob sie wirklich im Stande seien, für sich allein einen solchen zu formen. Wir sehen indess, dass bei dem Aufbau der Körperbestandtheile meistentheils mehrere, verschiedenartige Gewebe gleichzeitig, man darf wohl auch sagen gleichberechtigt, betheiligt sind. Denn wenn auch einem jeden Gewebe eine seiner Zusammensetzung und seinen Eigenschaften entsprechende, bestimmte Verrichtung zukommt, so ist

doch der regelrechte Ablauf derselben immer nur durch geeignetes Zusammenwirken mehrerer Gewebsformen ermöglicht.

Es gibt zwar einzelne in gewisser Beziehung selbständige Bestandtheile des Körpers, welchen mit Recht der Charakter einfacher Gewebe zugeschrieben wird, d. h. es concurriren bei ihrem Aufbau nur gleichwerthige Elementartheile; es sind dies die Oberhäutchen, die Epithelialgebilde im Allgemeinen. Andere Körperbestandtheile — das Bindegewebe, der Knorpel, der Knochen, das adenoide Gewebe, bestehen ihrer grossen Masse nach und wesentlich aus Formationen, zu welchen zwar nicht ausschliesslich gleichwerthige, doch aber solche elementare Baumittel verwendet sind, welche durch ihre Abkunft in nächster gegenseitiger Beziehung stehen. Man kann daher noch immerhin von einem Knochengewebe u. s. w. sprechen; allein alle diese Formationen — mit Ausnahme des Knorpelgewebes — bilden niemals als solche für sich einen Körperbestandtheil, sie enthalten Blutgefässe, Nerven u. s. w. Ja der ganze Aufbau des Knochens ist so sehr von seinem Gehalte an Blutgefässen abhängig, dass er ohne die Berücksichtigung derselben geradezu unverständlich — weil unmöglich ist. Aehnlich verhält es sich mit dem Fettgewebe. Die charakteristischen Elemente desselben können niemals für sich allein ein Gewebe, noch viel weniger einen Körperbestandtheil bilden. Das was man gewöhnlich Fettgewebe nennt, besteht aus den Fettgewebszellen, einer verbindenden Zwischensubstanz und einer typischen Blutgefässausbreitung als gleich wesentlichen und unzertrennlichen Bestandtheilen. Noch viel weniger gibt es thatsächlich ein Muskel- oder Nervengewebe in dem gebräuchlichen Sinne. Niemals bilden Muskelfasern oder Nervenfasern allein oder mit verwandten Elementen ein für sich bestehendes Gefüge, stets sind sie von einem anderartigen Gewebe — dem Bindegewebe — auf das innigste durchflochten. Denkt man sich letzteres hinweggenommen, so ist der ganze Aufbau des Muskels oder Nerven zerstört, es bleibt kein Gewebe, sondern nur eine Anzahl isolirter Muskel- oder Nervenfasern zusammenhangslos zurück.

Diese hier nur kurz skizzirten Erwägungen haben mich schon bei der ersten Ausarbeitung dieses Lehrbuches veranlasst, von der gebräuchlichen Gliederung des histologischen Stoffes, wornach den „Geweben“ ein besonderer Abschnitt gewidmet wird, abzugehen, und nach der Beschreibung der elementaren Baumittel sofort den Aufbau der einzelnen Körperbestandtheile zu behandeln.

Von grundsätzlicher Bedeutung für die Beurtheilung der verschiedenen Elementartheile und Gewebe ist *die Art ihrer Entstehung aus dem Ei*, ihrem gemeinsamen primitiven Mutterboden. Wir sind

leider noch weit entfernt, darüber eine hinreichende Einsicht zu besitzen; doch haben neuere Untersuchungen der namhaftesten Forscher (*His, R.* und *O. Hertwig, Kölliker, Waldeyer* u. A.) schon zu schätzenswerthen Resultaten geführt, welche sich, wie folgt, zusammenfassen lassen. *Erstens:* Aus den Vorgängen bei der ersten Anlage des Thierleibes im Ei können zweifellos Anhaltspunkte abgeleitet werden für eine allgemeine Gruppirung der Elementartheile und Gewebe auf genetischer Basis. *Zweitens*: Die Vorstellungen, welche seither bezüglich der Abstammung und der verwandtschaftlichen Beziehungen der Elementartheile gemeinhin in Geltung waren, müssen eine wesentliche Umgestaltung erfahren.

Allerdings ist es bezüglich mancher Elementartheile und Gewebe noch nicht gelungen, die thatsächlichen Grundlagen für die Beurtheilung ihrer genetischen Stellung völlig klarzulegen, und es kann daher dermalen von einer feststehenden Gruppirung aller elementaren Baumittel auf Grundlage ihrer Abstammung noch nicht die Rede sein. Indessen hat *W. His* eine Lehre geschaffen und ausgebildet, welche mit einigen durch *Waldeyer* eingeführten Modifikationen wohl geeignet ist, vorläufig die Basis für unsere Anschauungen über die genetischen Beziehungen der Elementartheile und Gewebe zu bilden. Dieselbe möge daher im Folgenden kurz skizzirt werden.

Alle Elementartheile, beziehungsweise Gewebe, theilen sich nach ihrer Herkunft in zwei grosse Gruppen: in *archiblastische* und *parablastische*. Zu den ersteren zählen: die Epithelzellen und die Secretionszellen der Drüsen, die Muskelfasern und die Elemente des Nervensystems mit Einschluss der Neuroglia; zu den letzteren: die Elemente der Bindesubstanzen, also des Bindegewebes, des Knorpels, Knochens und Zahnbeines, die Endothelzellen, die lymphoiden Zellen, ferner die Elementartheile des adenoiden Gewebes und des Fettgewebes und endlich die Bestandtheile des Blutes.

Diese Eintheilung gründet sich auf eine durchgreifende Verschiedenheit der primitiven Anlagen für beide Gruppen. Durch den Furchungsprozess bildet sich im Ei zunächst ein Zellenmateriale, welches sich zu drei Schichten (*Keimblättern*) ordnet, und welches in seiner Gesammtheit den *Archiblast* (*Urkeim, Hauptkeim*), die Anlage für alle archiblastischen Elementartheile und Gewebe darstellt. Das äussere Keimblatt (*der Epiblast*) liefert das Materiale für die gesammte Epidermis, für die epidermoidalen Anhänge und für die Drüsen der äusseren Haut, für das Epithel des Anfangs- und Endstückes des Verdauungsapparates und für das ganze Nervensystem; aus dem inneren Keimblatte (*dem Hypoblast*) entsteht das Epithel des Verdauungs- und Respirationsapparates, und die Secretionszellen der zugehörigen Drüsen;

aus dem mittleren Keimblatte (*dem Mesoblast*) endlich sind abzuleiten: die den Harn- und Geschlechtswerkzeugen angehörenden Epithel- und Drüsenzellen, sowie die sämmtlichen glatten und quergestreiften Muskelfasern.

Für die parablastischen Gewebe werden die primitiven Anlagen, deren Inbegriff als *Parablast* (*Nebenkeim*) bezeichnet wird, erst später gebildet. und zwar ausserhalb der ursprünglichen Keimblätter. Nach *His* geht der Parablast aus dem sogenannten weissen oder Nebendotter des Eies hervor, indem aus den Elementen des letzteren Zellen entstehen, welche zwischen die archiblastischen Keimblätter einwandern. Hier wandelt sich ein Theil der Parablastzellen in sternförmige Zellen um und stellt durch Zusammenfliessen der Zellenfortsätze ein Netzgerüst, die erste noch indifferente Anlage der Bindesubstanz her; ein anderer Theil wird zu Blutzellen und ein dritter Theil behält zunächst den Charakter von indifferenten, leukocytären Zellen. Späterhin dringen die Parablastzellen auch in die Keimblätter selbst, insbesondere in den Mesoblast ein und vermengen sich nun mit den Elementen des Archiblast. Von ihnen sind alle die oben genannten parablastischen Elementartheile und Gewebe abzuleiten.

Waldeyer stimmt hinsichtlich der Gruppirung der Elementartheile im Wesentlichen mit *His* überein, ist aber in Betreff des Verhältnisses des Archiblast zum Parablast und insbesondere in Betreff der Herkunft des letzteren anderer Ansicht. Nach *Waldeyer* leiten Parablast und Archiblast ihren Ursprung von dem Protoplasma der Eizelle her; der Dotter ist nicht gestaltungsfähig, er dient nur als Nährmateriale für die Furchungszellen. Die Verschiedenheit der beiden primitiven Anlagen beruht darin, dass der Furchungsprozess, durch welchen sich das Eiprotoplasma in eine grosse Anzahl von Zellenindividuen zertheilt, sich nicht in der ganzen Masse desselben gleichzeitig und gleichmässig vollzieht. Zunächst unterliegt nur ein Theil des Eiprotoplasmas der Furchung (*primäre Furchung*); durch diese entsteht jenes Zellenmateriale, aus welchem sich die drei primären Keimblätter (der Archiblast) formen. Ein Rest des Eiprotoplasmas oder von unreifen Furchungszellen bleibt übrig; dieser furcht sich erst später (*secundäre Furchung*) und liefert das Materiale für den Parablast.

Die wesentliche Differenz zwischen den beiden vorgebrachten Anschauungen beruht also darin, dass nach *Waldeyer* der Archiblast und der Parablast eine gemeinsame Grundlage in dem Protoplasma und in dem ursprünglichen Kern des Eies besitzen, während nach *His* beide schon von vorneherein aus gänzlich verschiedenartigen Elementen entstehen. Sieht man von dieser Differenz ab, so stimmen beide Forscher darin überein, dass alle Elementartheile und Gewebe des Thierkörpers

nach ihrer Abstammung von dem Archiblast oder von dem Parablast in zwei grosse Gruppen zerfallen. Dadurch wird ihre genetische Stellung charakterisirt, und nicht, wie früher allgemein angenommen worden war, durch ihre Herkunft von einem der drei Keimblätter. Auch *Kölliker* und andere Forscher haben sich neuerdings ganz bestimmt gegen diese frühere Anschauung ausgesprochen. Es können also beispielsweise Epithelialzellen und Drüsenzellen aus einem jeden der drei primären Keimblätter hervorgehen, immer aber sind sie archiblastischer Natur. Hingegen sind die Bestandtheile der Bindesubstanzgewebe, die Leukocyten u. s. w. stets nur auf parablastische Elemente zurückzuführen, mögen diese im Laufe der Entwicklung den Formationen des einen oder des anderen Keimblattes sich beigesellt haben. Allerdings ist es ganz vorwiegend das mittlere Keimblatt, in welchem die parablastischen Elemente zur weiteren Ausbildung gelangen.

I. Abschnitt.

Von den Baumitteln des Körpers.

A. Die thierische Zelle.

I. Allgemeine Zellenlehre.

Noch in den ersten Dezennien dieses Jahrhunderts waren die Vorstellungen, welche man sich über die Elementartheile des thierischen Körpers zu bilden vermochte, äusserst mangelhaft, wenngleich der Gebrauch des Mikroskopes vielen Naturforschern wohl bekannt war. Körnchen, Kügelchen, Schüppchen und Fäserchen, über deren Natur und Bedeutung die Ansichten sehr weit auseinandergingen, wurden als die kleinsten erkennbaren Theilchen der verschiedenen Organe beschrieben. Erst den grossen Errungenschaften *Schleiden's* auf dem Gebiete der Pflanzenanatomie war es vorbehalten, den Anstoss zu geben für eine richtigere Erkenntniss der Baumittel des thierischen Organismus. *Th. Schwann,* auf den Erfahrungen *Schleiden's* über die pflanzliche Zelle fussend, entwickelte der erste im Jahre 1838 und 1839 bis in's kleinste Detail die Lehre, dass allen thierischen Bildungen die Zelle zur Grundlage diene. Sowie *Schwann* den Namen Zelle der Botanik entlehnte*), so hat er auch den Begriff derselben aus der Pflanzenwelt fast unverändert auf den thierischen Organismus über-

*) Das Wort Zelle — cellula — gehörte auch schon dem Sprachschatze der alten Anatomen an, hatte aber bei ihnen einen ganz anderen Sinn. So schrieb *Malpighi* und nach ihm *Albinus* dem Bindegewebe einen zelligen, honigwabenähnlichen Bau zu (Textus cellulosus), und man bezeichnete als Zellen jene Räume, welche in dem Bindegewebe entweder durch Aufblasen mit Luft entstehen, oder aber von vorneherein mit Fettzellengruppen ausgefüllt sind. Der Ausdruck Zellgewebe wird auch heute noch mitunter in diesem Sinne, als gleichbedeutend mit Bindegewebe, gebraucht.

tragen. Ihm war die thierische Zelle ein Bläschen, bestehend aus einer dünnen, durchsichtigen Haut als Hülle, aus einem flüssigen Inhalt und aus einem darin suspendirten kugeligen Gebilde, dem Kern.

Alsbald verlegten sich die besten Kräfte auf die Prüfung und weitere Ausbildung der neuen Lehre, deren fundamentale Bedeutung sofort allgemein erkannt worden war. Und da zeigte es sich, namentlich in Folge der Untersuchungen von *Leydig, E. Brücke* und *M. Schultze,* dass die Bläschen-Natur dem eigentlichen Wesen der thierischen Zelle nicht im entferntesten entspreche. Was wir jetzt Zelle nennen, ist zwar dasselbe Objekt, welches *Schwann* mit diesem Namen bezeichnet hatte, die Vorstellungen aber, welche wir derzeit in Bezug auf die Beschaffenheit und Bedeutung der Zellen besitzen, sind wesentlich andere geworden. Während für *Schwann* die Form — das kernhaltige Bläschen — den Begriff der Zelle gab, ist heute fast nur mehr die physiologische und entwicklungsgeschichtliche Bedeutung eines Elementartheiles dafür ausschlaggebend, ob wir ihn eine Zelle nennen oder nicht; die äussere Form ist dabei völlig zur Nebensache geworden.

Wir bezeichnen als Zelle ein kleinstes, räumlich begrenztes Formelement des thierischen Körpers, welches befähigt ist, unter bestimmten Bedingungen selbstthätig Lebensverrichtungen zu vollführen, sich zu ernähren, zu wachsen, sich fortzupflanzen. Indem so die Zelle als elementares Individuum zu jenen Funktionen befähigt ist, welche im Grossen und Ganzen dem Thierkörper zukommen, kann sie mit vollstem Rechte nach *E. Brücke's* Vorgang als *Elementarorganismus* bezeichnet werden.

Nach dieser Umgrenzung des Begriffes der thierischen Zelle ist es klar, dass die Histologie dieselbe nach zweierlei Richtungen in's Auge fassen muss, zuerst nach der morphologischen Seite, dann aber in Beziehung auf ihre vitalen Eigenschaften.

Morphologische Eigenschaften der Zellen.

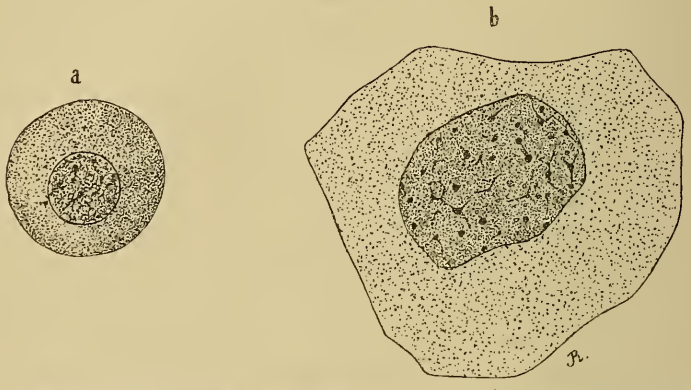
Die mikroskopische Untersuchung weist zunächst zwei wesentliche Bestandtheile der Zelle nach; der eine bedingt ihre Grösse und äussere Form und führt den Namen *Zellkörper* oder *Zellleib;* der zweite ist in dem ersteren eingeschlossen, also kleiner, von der Substanz des Zellkörpers scharf abgegrenzt, und heisst der *Zellkern* (*Nucleus*).

Der Zellkörper besteht typisch aus einer weichen, farblosen, schwach lichtbrechenden Substanz, welche den Namen *Protoplasma**)

*) Die Bezeichnung *Protoplasma* wurde zuerst von *H. v. Mohl* für die Substanz der Pflanzenzellen eingeführt, dann durch *Remak* auf die thierische Zelle

(*Cytoplasma, Kölliker*) führt. Benützt man zur Untersuchung desselben zunächst nur mittelstarke Vergrösserungen, so erscheint das Protoplasma als eine an sich homogene, aber mehr oder weniger mit feinen und feinsten Pünktchen (Körnchen, Granula) durchsetzte Masse, welche man desshalb als *granulirt,* und zwar als mehr oder minder reichlich, als grob oder fein granulirt zu bezeichnen pflegt. Mit Hülfe sehr starker Vergrösserungen kann man jedoch an vielen Objekten wahrnehmen, dass jene scheinbaren Körnchen nichts anderes sind, als die

Fig. 1.



a Kugelförmige Zelle aus der Leber eines menschlichen Embryo aus dem 6. Schwangerschaftsmonate; frisch mit Kochsalzlösung 0.75%. b Platte Epithelzelle aus den Kiemenplatten von Salamandra maculata (Larve); mit Pikrinsäure und Hämatoxylin behandelt. Beide mit Seibert's Immers. VIII, Oc. 3 gezeichnet.

optischen Quer- und Schrägdurchschnitte feinster Fädchen, welche als Bestandtheile des Protoplasmas und als der Ausdruck einer gewissen Struktur desselben genommen werden müssen.

Namhafte Forscher, wie *Frommann, Heitzmann, Arnold, Klein, Flemming* u. A., haben sich entschieden dafür ausgesprochen, dass ge-

---

übertragen, aber erst durch *M. Schultze* für die letztere in der Literatur eingebürgert. Der Name bedeutet so viel wie Urstoff (πρῶτον zuerst und τὸ πλάσμα, von πλάσσω, das Geformte). Der *Kölliker'sche* Terminus *Cytoplasma* wäre etwa mit Zellstoff zu verdeutschen (ὁ κύτος eigentlich: die Hülle, aber auch ein bläschenartiger Körper).

Mit dem Ausdruck *Cytoblastema* (βλαστάνειν keimen, trans. hervorbringen), wurde von *Schleiden* eine sogenannte gestaltungsfähige Flüssigkeit bezeichnet, aus welcher man früher die Zellen entstehen liess.

Mit der allmäligen Entwicklung unserer Kenntnisse über die Lebenserscheinungen des Protoplasmas sind die Namen der hervorragendsten Naturforscher der letzten Jahrzehnte verknüpft, und sind es insbesondere *Brücke, M. Schultze, Kühne* und in neuerer Zeit *Engelmann, Flemming* u. A., welche ihre besten Kräfte diesen schwierigen Untersuchungen gewidmet haben. Gleichzeitig ist die Erforschung des Protoplasmas in dem Bereiche der Pflanzenwelt durch *Unger, de Bary, W. Hofmeister, Nägeli, G. Klebs, Strasburger* u. A. gefördert worden.

wisse Strukturverhältnisse mit zu den typischen Eigenschaften des Protoplasmas gehören. Allein es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, zu einer klaren Vorstellung über das Wesen und über die Bedeutung derselben zu gelangen. So viel steht jedoch fest, dass optische Differenzirungen in bestimmter Form und Anordnung häufig in dem Protoplasma zu beobachten sind. So zeigen beispielsweise die glatten Muskelfasern, sowie manche Epithel- und Drüsenzellen eine zarte Streifung oder Faserung, die verschiedenartigsten Zellen eine netzartige oder verschlungene Anordnung feinster gewundener Fädchen in ihrem Zellleib. Es müsste daher wenigstens für viele Fälle der Ausdruck „granulirt" durch „fibrillirt" oder „reticulirt" ersetzt werden.

C. Kupffer hatte, von analogen Beobachtungen an den Leberzellen des Frosches ausgehend, zwei typische Bestandtheile des Zellleibes angenommen, eine hyaline, der Masse nach überwiegende Grundsubstanz, welche er als *Paraplasma* bezeichnet, und eine zweite, in die erstere eingebettete, feinkörnig fibrilläre Substanz, auf welche er den Namen Protoplasma eingeschränkt wissen wollte.

Was den *Aggregatzustand* (die Cohärenz) des Protoplasmas betrifft, darf als sicher angenommen werden, dass derselbe bei den verschiedenen Zellenarten, und auch in einer und derselben Zelle zu verschiedenen Epochen ihres Lebens graduellen Verschiedenheiten unterworfen ist, dass das Protoplasma das eine Mal weicher, ein anderes Mal fester und zäher sein kann; ja es ist wahrscheinlich, dass in einer und derselben Zelle gleichzeitig verschiedene Aggregatzustände des Protoplasmas vorkommen können, indem die peripheren Parthieen des Zellkörpers einen grösseren, die inneren einen geringeren Grad von Cohärenz besitzen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die dem Protoplasma innewohnende Fähigkeit, *unter gewissen Umständen active Bewegungen auszuführen*, eine Eigenschaft, welche als *Contractilität des Protoplasmas* bezeichnet zu werden pflegt. Die Bewegungserscheinungen, über deren verschiedene Formen weiter unten gehandelt werden soll, wechseln mit Phasen eines scheinbaren Ruhezustandes ab und können auftreten sowohl in Folge von Bedingungen, welche in der Substanz des Protoplasmas selbst gelegen sind (automatisch), als auch unter der Einwirkung von äusseren Reizen. Als solche sind uns bekannt geworden: der Einfluss erregter Nerven, ferner künstliche elektrische, chemische, thermische und optische Einwirkungen.

Die eben besprochene Eigenschaft und weiterhin die Fähigkeit des Protoplasmas, aus seiner Umgebung geeignete Stoffe aufzunehmen und zu assimiliren und mit deren Hülfe sich zu erhalten und zu regeneriren, prägen ihm den Charakter einer mit selbständigem Leben begabten Materie auf. Als solche bildet es das Substrat einer jeden

thierischen und pflanzlichen Organisation. Wo immer sich Lebensvorgänge abspielen, überall sind sie an das Protoplasma geknüpft.

Ueber *die chemische Zusammensetzung* des Protoplasmas ist nur wenig bekannt. Es zeigt für gewöhnlich neutrale oder schwach sauere Reaktion (*Engelmann*) und ist im Wasser unlöslich, jedoch leicht quellungsfähig. Man kann aus ihm eine Reihe verschiedener Eiweisskörper gewinnen, welche neben wechselnden Mengen von Wasser und Salzen seine Hauptbestandtheile ausmachen. In gewissen Fällen ist auch glycogene Substanz in ihm nachgewiesen worden. Gröbere oder feinere in dem Protoplasma suspendirte Körnchen werden zumeist als aus Eiweiss bestehend betrachtet.

Ist so das Protoplasma das wesentliche Constituens des Zellleibes, so kommen doch sehr häufig Zellen zur Beobachtung, deren Leib neben demselben noch besondere optisch differenzirte Bestandtheile enthält, als: Fetttröpfchen von verschiedener Grösse, Pigmentkörnchen, Krystalle u. s. w. Solche Zellen werden nach *Kölliker* als *diplasmatische* Zellen bezeichnet, im Gegensatze zu *monoplasmatischen,* deren Leib nur aus Protoplasma besteht. Nehmen diese eingelagerten Substanzen einen verhältnissmässig grossen Theil des Zellkörpers in Anspruch, so erhalten die Zellen nach ihnen besondere Bezeichnungen, als: Fettzellen, Pigmentzellen u. s. w. Mitunter findet man auch in dem Zellkörper kleinere oder grössere Tröpfchen einer homogenen, wässerigen oder schleimigen Flüssigkeit, welche von dem feinkörnigen Protoplasma durch einen scharfen Contour abgegrenzt sind; sie werden gemeiniglich als *Vacuolen* bezeichnet. An manchen Zellen gehen im Verlaufe ihres Lebens typisch so eingreifende Veränderungen vor sich, dass das Protoplasma in ihnen nicht mehr zu erkennen ist, z. B. an den Zellen der Horngebilde, welche zu flachen und steifen Schüppchen oder Fasern geworden sind, oder an den quergestreiften Muskelfasern, wo sich die complicirtesten Strukturverhältnisse entwickelt haben.

Der Zellkern liegt entweder in der Mitte des Zellkörpers oder mehr weniger excentrisch. An der lebensfrischen Zelle ist er für gewöhnlich gar nicht, oder ganz undeutlich zu erkennen. Nach dem Absterben der Zelle und noch mehr nach Zusatz verschiedener, weiter unten zu besprechender Reagentien hebt er sich scharf von der Substanz des Zellkörpers ab. Er erscheint dann in der Regel wie ein helles, scharf umschriebenes, mit einer körnerreichen Substanz erfülltes Bläschen, mitunter auch als ein verschieden deutlich abgegrenzter, fast homogener Körper. Das erstere ist bei allen jungen und lebhaft funktionirenden Zellen, das letztere insbesondere bei solchen, welche schon eine lange Lebensdauer hinter sich haben (Hornzellen), oder auch bei bestimmten Funktionszuständen der Fall.

Seine Form ist bis zu einem gewissen Grade von der Gestalt der Zelle abhängig; sie ist demgemäss häufig kugelig oder ellipsoidisch, in gewissen Zellen beträchtlich in die Länge gestreckt (stäbchenförmig), oder auch mehr oder weniger abgeplattet. Im letzteren Falle ist der Umriss des Kernes häufig nicht eine regelmässige Kurve, sondern zeigt da und dort eckige Vorsprünge, oder seichtere oder tiefere Einbuchtungen.

Im Inneren des Kernes bemerkt man ein oder mehrere scharfrandige, stärker lichtbrechende Kügelchen von verschiedener Grösse, *die Kernkörperchen* (*Nucleoli*). Nicht selten sind grössere Kernkörperchen von einem homogenen lichten Hof umgeben, welcher gegen die peripheren trüben Schichten des Kernes durch einen Kranz feinster Körnchen abgegrenzt ist (*Körnchenkreis* nach *Eimer*).

Weitaus die meisten Zellen enthalten nur einen Kern; jedoch gibt es auch solche, welche in der Regel mit mehreren Kernen ausgestattet sind (lymphoide Zellen, Riesenzellen). In gewissen Zellenarten (farbige Blutzellen des Menschen und der Säugethiere, die oberflächlichsten Zellenlagen der Epidermis) lässt sich kein Kern nachweisen; doch ist zu bemerken, dass es auch für diese Zellen Lebensepochen oder Entwicklungsstufen gibt, in welchen ihnen ein Kern zukommt.

Bezüglich der chemischen Natur der Zellkerne wissen wir zunächst, dass sie sich in manchen Punkten von dem Protoplasma different verhalten. Als ein ihnen eigenthümlicher Bestandtheil wird das *Nuclein* angesehen, ein von *Miescher* entdeckter, phosphorhaltiger, albuminoider Körper, dessen Nachweis in der Substanz der Kerne jüngst durch *Zacharias* auf mikrochemischem Wege geführt worden ist. Als eine wesentliche Eigenschaft des Nuclein gilt, dass es der Pepsinverdauung, durch welche die meisten übrigen Gewebsbestandtheile zerstört werden, ebenso wie das Keratin (Hornstoff), widersteht. Im Uebrigen enthalten die Kerne Eiweisskörper, Wasser und Salze als chemische Bestandtheile.

Von hervorragendem Interesse ist das differente Verhalten der Zellkerne gegenüber dem Protoplasma auf Einwirkung verdünnter Säuren, des Alkohol und gewisser Farbstoffe.

Bei Zusatz von sehr verdünnten Säuren, namentlich Essig- oder Salzsäure, zur lebensfrischen oder nicht lange noch abgestorbenen Zelle quillt das Protoplasma des Zellkörpers auf, es wird durchsichtiger, seine Contouren werden verwaschen, seine Körnchen allmälig undeutlicher und verschwinden endlich vollkommen. Der Zellkern tritt im Gegentheil auffallender hervor, sein Contour wird schärfer und glänzender, seine Granulirung deutlicher. Nach längerer Einwirkung oder bei Gebrauch einer etwas stärkeren Säure-Concentration wird der Zell-

kern deformirt, bekommt verschiedenartige Einschnürungen, oder zerfällt wohl auch in mehrere, gewöhnlich 3—4 unregelmässig gestaltete Theile. Die Einwirkung von Alkohol ist nicht für alle Zellenarten die gleiche. Manche von ihnen werden in Bezug auf Grösse und Form sehr wenig verändert, nur ihre Durchsichtigkeit wird eine erheblich geringere (die meisten Epithelzellen). Andere Zellenarten, insbesondere sogenannte junge Zellen, Lymphzellen, Bindegewebszellen u. s. w. verlieren beträchtlich an Grösse, ihre Form wird mannigfach verändert, der ganze Zellkörper schrumpft mitunter zu einer dünnen Schichte zusammen, deren Contouren fast mit denen des Kernes verschmelzen. Der letztere selbst bleibt in beiden Fällen seiner Form und Erscheinung nach fast unverändert.

Eine besondere Wichtigkeit hat das Verhalten der Zellkerne gegen gewisse Färbemittel erlangt. Lösungen von Carmin, Hämatoxylin, vielen Anilinfarbstoffen (Anilinblau, Safranin, Methylgrün u. s. w.), zeigen unter geeigneten Umständen eine grosse Neigung, sich an die Zellkerne zu binden und denselben eine mehr oder minder intensive Farbe zu verleihen, während das Protoplasma des Zellkörpers entweder gar nicht oder nur in geringerem Maasse gefärbt wird. Diese bis jetzt noch unerklärte Thatsache ist nicht nur von unschätzbarem Werthe für die Methodik der Untersuchung der verschiedensten Gewebe und Organe, sie hat uns auch einen tiefen Einblick eröffnet in die feinsten Strukturverhältnisse der Zellkerne selbst.

Es wurde oben bemerkt, dass die Substanz des Kernes in der Regel reich gekörnt (granulirt) erscheine, und dies ist in der That bei Benützung der gewöhnlichen Trocken- oder Wassertauchlinsen im Allgemeinen der Fall. Die Untersuchung mit den stärksten Vergrösserungen und insbesondere mit den in jüngster Zeit durch den Jenenser Optiker *Zeiss* eingeführten vortrefflichen Objektivsystemen für homogene Immersion (Oel-Tauchlinsen) hat jedoch dargethan, dass die scheinbaren gröberen und feineren Körnchen nichts anderes sind, als die optischen Quer- und Schrägdurchschnitte gröberer und feinerer, netzartig geordneter Fädchen, welche einen grossen Theil der Substanz des Zellkernes ausmachen.

Nach den Ergebnissen der neuesten Forschungen, insbesondere der bahnbrechenden Untersuchungen *Flemming's*, stellt sich der Bau des Zellkernes typisch in folgender Weise dar: Die Grundlage des Kernes wird durch ein nach allen Richtungen des Raumes ausgebreitetes Netzwerk feinerer und gröberer Fädchen (*Kerngerüst*) gebildet, in dessen Knotenpunkten sich leichte Verdichtungen (*Netzknoten*) finden. Die Begrenzung des Kernes (*die Kernwand*) wird bei manchen Zellen, wie es scheint, lediglich durch die peripheren Parthieen des Kerngerüstes her-

gestellt, während sich bei anderen Zellenarten, z. B. bei den Ganglienzellen, Eizellen u. s. w. eine besondere abschliessende *Kernmembran* mit Bestimmtheit nachweisen lässt. Innerhalb des Kerngerüstes befinden sich als eigenthümlich beschaffene, scharf contourirte, stärker lichtbrechende Theilchen noch die *Kernkörperchen*. Ob diese letzteren stets nur in der Continuität des Netzwerkes, oder in manchen Fällen auch von diesem unabhängig vorkommen, ist noch nicht sichergestellt. In den Maschenräumen des Netzwerkes findet sich eine Flüssigkeit, die *Zwischensubstanz des Kernes* (*der Kernsaft*). Kerngerüst, Kernwand und Kernkörperchen sind nun die Bestandtheile, welche die früher genannten Farbstoffe an sich binden und dadurch die Färbung der Kerne bedingen. Ihre Substanz ist desshalb mit dem Namen *Chromatin* (*Flemming*) belegt worden. Sie sind es auch, welche nach *Zacharias* das Nuclein enthalten. Die Zwischensubstanz nimmt keine Färbung an und heisst desshalb *Achromatin*.

Fig. 2.

Das ruhende Gerüste in dem Kern einer Bindesubstanzzelle der Salamanderlarve im Durchschnitt. Chromsäure, Safranin. Zeiss: Objekt. $^1/_{18}$". (Copie nach *Flemming*.)

Die beschriebene Anordnung der geformten Kernsubstanz ist dem „ruhenden Kerne", d. h. jenem Zustande desselben eigen, in welchem er nicht in Theilung begriffen ist. Diese letztere wird durch gesetzmässige Veränderungen der geformten Theile der Kernsubstanz eingeleitet.

Nachdem schon vor längerer Zeit *Frommann*, dann *C. Heitzmann* netzartige Strukturen im Zellkern nachgewiesen hatten, wurden diese Verhältnisse erst in den letzten Jahren durch *Flemming, Eimer, Klein, Retzius* u. A. mit verbesserten Hülfsmitteln genauer erforscht. Als hiezu besonders geeignete Objekte haben sich die Epidermiszellen und die Epithelien der Kiemenplatten von Larven der Salamander und Tritonen nach vorhergehender Härtung in Chromsäure oder noch besser in Pikrinsäure, erwiesen. Als Färbemittel ist ganz vorzugsweise Hämatoxylin in stark verdünnten Lösungen zu empfehlen. Es ist wichtig zu bemerken, dass diese Netzstrukturen aber auch an lebensfrischen Zellkernen beobachtet werden konnten, wodurch der aufgetauchte Verdacht, als habe man es mit durch die Härtungsmittel erzeugten Kunstprodukten zu thun, beseitigt erscheint.

Ausser dem Zellkörper, Kern und Kernkörperchen muss noch als ein häufig vorkommender Bestandtheil **die Zellmembran** (Zellhülle) erwähnt werden. Von der Zeit, als *Schwann* seine Zellenlehre veröffentlichte, bis zu den epochemachenden Untersuchungen *M. Schultze's* und *E. Brücke's* (1861) galt die Zellhülle insoferne als wesentlichster Bestandtheil der Zelle, als die morphologischen Eigenschaften derselben von ihr abhängig gedacht wurden; galt doch das Protoplasma mit dem Kerne nur als Inhalt eines Bläschens, welches nach Verlust der Mem-

bran aufhörte ein Formelement zu sein. Erst als die genannten Forscher durch das Studium der vitalen Eigenschaften der Zellen zu der Ueberzeugung gelangt waren, dass mit manchen Lebensäusserungen der Zellen das Vorhandensein einer Membran gar nicht vereinbar sei, und dass in dem Zellprotoplasma selbst die Bedingungen des individuellen Bestandes der Zelle gelegen seien, ging man an eine unbefangenere Prüfung der Thatsachen. Es zeigte sich bald, dass nur verhältnissmässig wenige Zellenarten eine wirkliche, von dem Protoplasma differente Zellmembran besitzen (z. B. gewisse Epithelzellen, Eizellen), dass die Zellen in ihrem Jugendzustande, wo sie die lebhaftesten Lebensvorgänge äussern, fast ausnahmslos hüllenfrei sind, und dass man häufig dort, wo es sich scheinbar um eine Membran handelt, nichts anderes vor sich hat, als eine fester gewordene periphere Schichte von Protoplasma. Mit einem Worte: die Zellmembran gehört nicht zu den wesentlichen Bestandtheilen der Zelle. Wo sie vorhanden ist, erweist sie sich entweder als ein strukturloses Häutchen, oder sie ist, wie bei manchen Eizellen, von feinen Oeffnungen durchbohrt. Sie ist gegen Einwirkung verdünnter Säuren und Alkalien resistenter als das Protoplasma, ihrer chemischen Constitution nach wahrscheinlich ebenfalls den Eiweisskörpern nahestehend.

Der sichere Nachweis einer Zellmembran kann im gegebenen Falle sehr grossen Schwierigkeiten begegnen. Man hält ihn für erbracht, wenn z. B. in Folge von Imbibition von Wasser eine Ablösung der Hülle von dem Zellkörper beobachtet werden kann, oder wenn es gelingt, die Zelle durch mechanische Einwirkung zum Bersten zu bringen und die entleerte und gefaltete Hülle neben den Trümmern derselben erhalten zu sehen. Jedoch sind selbst auch dagegen Einwendungen erhoben worden. Noch schwieriger ist es allerdings umgekehrt, im einzelnen Falle das Fehlen der Zellmembran sicher zu erweisen.

Form und Grösse der Zellen. Als Grundform der Zelle muss die einer *Kugel* angesehen werden. Sie kommt in den ersten Entwicklungsstufen des Thierkörpers ausschliesslich vor, wird später zumeist an jenen Zellen getroffen, welche frei in Flüssigkeiten suspendirt sind (Lymph-Speichel-Eiterzellen), aber auch an solchen, welche als fixe Bestandtheile von Geweben fungiren (Fettzellen, gewisse Ganglienzellen). Freilich ist es gerade diese Form, welche während des lebendigen Zustandes, wie weiter unten besprochen werden soll, gewissermassen die labilste ist, und zahllosen Veränderungen unterworfen sein kann.

Dieser am nächsten steht die *polyedrische* Form. Man darf dabei allerdings nicht an stereometrisch reguläre Gestalten denken; meistens werden jene Zellen als polyedrisch bezeichnet, deren Durchmesser nach allen Richtungen hin annähernd gleiche Grösse haben, während sie von verschiedenen Seiten her in mannigfacher Weise abgeplattet sind (Leberzellen, u. dgl.).

Ist eine Zelle vorzüglich nach einer Richtung hin verlängert, dabei von kreisrundem oder polygonalem Querschnitt, so rechnet man sie zu den *cylindrischen* Formen (gewisse Epithelzellen, manche Drüsenzellen). Als Abarten derselben können die *kegelförmigen* oder *pyramidalen* Zellen gelten (Darmepithelzellen). Bei den letztgenannten Zellenformen kann es vorkommen, dass ihre Seitenwände mehr oder weniger ausgebaucht werden, so dass sie ein kelchartiges Aussehen gewinnen; man spricht dann von *Becherzellen.*

Ist eine Zelle nach einer Richtung stark verlängert und an beiden Enden zugespitzt, so bezeichnet man sie als *spindelförmig*; gewöhnlich ist dabei der Querschnitt elliptisch (gewisse Bindesubstanzzellen). Sehr lang ausgezogene Zellen erhalten wohl auch den Namen *Fasern* (Muskelfasern, Linsenfasern).

Zellen, welche annähernd die Würfelform zeigen, heissen *cubische* oder *Pflasterzellen.*

Sehr reichlich im Thierkörper vertreten ist die *plattenförmige* Zelle (viele Epithel- und Endothelzellen, Bindesubstanzzellen u. s. w.). In der Gestalt eines dünneren oder dickeren Plättchens oder Schüppchens kann sie einen mehr weniger regelmässigen, kreisförmigen, elliptischen oder polygonalen Umriss zeigen, oder häufig auch unregelmässig gebuchtet oder ausgezackt sein. Eine besondere Abart ist die *scheiben-* oder *linsenförmige* Zelle (farbige Blutzellen).

Endlich wäre noch der sogen. *verästigten* und *sternförmigen* Zellen zu gedenken. Dazu werden alle jene gerechnet, deren verschieden gestalteter Zellkörper mehrfache längere, oftmals auch verzweigte Fortsätze aussendet.

Die meisten Zellen sind von mikroskopischer Kleinheit; nur manche (z. B. gewisse Eizellen) können mit freiem Auge oder mit Hülfe der Loupe erkannt werden. Ihre Grösse schwankt in verhältnissmässig weiten Grenzen, und zwar nach ihrer verschiedenen Art und auch nach den verschiedenen Thierklassen. Dabei ist auffallend, dass Zellenarten, welche in ihrer Form unter sich wenig differiren, innerhalb einer und derselben Thierklasse auch ziemlich constante Dimensionen besitzen (eine Ausnahme hievon bilden die Muskelfasern), wohingegen Zellen von sehr variabler Form auch in ihren Grössenverhältnissen erheblich voneinander abweichen (Ganglienzellen, verschiedene Bindesubstanzzellen). Die Individuen der niederen Wirbelthierklassen zeichnen sich meist durch verhältnissmässig bedeutende Grösse ihrer Zellen aus.

Die Form- und Grössenverhältnisse einer Zelle stehen selbstverständlich untereinander in innigem Zusammenhange, insoferne als mit jeder Veränderung der Form die verschiedenen Dimensionen der Zelle erheblich wechseln. Dies gilt so-

wohl für jene Formveränderungen, welche wir als eine gewisse Art selbständiger Lebensäusserungen der Zellen kennen lernen werden (amöboide Bewegung), als auch für jene, welche mehr passiv auftreten, sei es in Folge gewisser Functionszustände (einige Drüsenzellen), oder im Zusammenhang mit dem Wechsel der Rolle, welche einer Zelle beim Aufbau eines Gewebes zugewiesen wurde (Zellen des geschichteten Pflasterepithels), sowie endlich mit den Vorgängen während der Entwicklung und des Wachsthums des thierischen Körpers. Bei der hohen Bedeutung, welche Form und Grösse der Zelle für sich in Anspruch nehmen dürfen, ist es geboten, besonders hervorzuheben, dass dieselben durch die verschiedenen Methoden der histologischen Untersuchung in sehr erheblichem Grade verändert werden können, sei es in Folge von chemischen Einwirkungen durch Quellung oder Schrumpfung, sei es auf mechanischem Wege durch Druck oder Zerrung, ja selbst schon in Folge jener inneren Vorgänge, welche mit dem Absterben der Zellen einhergehen. Daraus ergibt sich, mit wie grosser Vorsicht man bei Angaben in dieser Richtung zu Werke zu gehen habe, umsomehr als im einzelnen Falle häufig alle Anhaltspunkte fehlen, um die Grösse der stattgefundenen Veränderung zu beurtheilen.

Vitale Eigenschaften der Zellen.

Da schon oben die Zelle als ein Elementarorganismus hingestellt worden ist, befähigt zu den Verrichtungen eines selbständigen Lebens, so erwächst nun die Aufgabe zu erörtern, worin die Lebensvorgänge der Zellen bestehen, wie sie sich äussern, und an welche Bestandtheile der Zelle dieselben vorzugsweise geknüpft sind. Nach dieser Richtung hin Aufklärung zu erhalten war natürlich erst dann möglich, nachdem man gelernt hatte, die Zellen im lebenden Zustande zu beobachten, unter Verhältnissen, welche ihren natürlichen Existenzbedingungen möglichst nahe kamen.

Nachdem *M. Schultze* und *E. Brücke* dazu den Anstoss gegeben hatten, wurde durch eine Reihe von namhaften Forschern, wie *Kühne, v. Recklinghausen, Stricker, Cohnheim, Hering, Rollett* u. A. die Untersuchung der lebenden Gewebe gewissermassen zu einem Specialzweige der Histologie ausgebildet. Die hauptsächlichsten Erfordernisse einer solchen Beobachtung sind zunächst die Erhaltung der Zellen in ihrer natürlichen Umgebung und Verbindung, die Herstellung einer entsprechenden Temperatur und die möglichste Hintanhaltung aller jener Einflüsse, welche während der Dauer der Beobachtung die Existenzbedingungen der Zellen irgendwie verändern könnten. Man begnügte sich jedoch nicht, die Zelle in dieser Weise sich selbst überlassen zu beobachten, man suchte auch die Einflüsse zu studiren, welche die verschiedensten äusseren Einwirkungen auf ihre Lebensvorgänge zu nehmen im Stande sind. Es wurde so das Verhalten der Zellen bei den verschiedenen Temperaturgraden, gegen elektrische und galvanische Ströme, gegen Gase und in Flüssigkeiten gelöste Stoffe in der verschiedensten Weise mit dem Aufgebote der scharfsinnigsten Methodik geprüft. Es kann mit grösster Befriedigung darauf hingewiesen werden, dass der Erfolg diesen Bemühungen reichlich entsprach, dass die Resultate dieser Forschungen eine ganz beträchtliche Erweiterung unseres Wissens herbeigeführt und unsere Auffassung der Lebensvorgänge im thierischen Organismus

in ganz neue Bahnen gelenkt haben. Die ausführliche Darlegung der vitalen Vorgänge in den Zellen muss den physiologischen Lehrbüchern vorbehalten bleiben; hier soll nur das Wesentlichste angeführt werden.

Stoffwechsel der Zellen. Man versteht darunter die Summe jener inneren Vorgänge, durch welche jede einzelne Zelle nicht nur ihre eigene Existenz unterhält, sondern auch den Bestand und die Funktion des Gewebes oder Organes vermittelt, welchem sie angehört. Diese Vorgänge werden ermöglicht durch die Wechselwirkung der Bestandtheile der Zelle mit ihrer Umgebung nach den jedesmal zur Geltung kommenden physikalischen Gesetzen. Alle Zellen, in welchen ein reges Leben herrscht, sind von Flüssigkeit oder von feuchten Substanzen derart umgeben, dass die günstigsten Bedingungen zum gegenseitigen osmotischen Austausch ihrer Bestandtheile gegeben sind. Dieser Stoffverkehr zwischen der Zelle und ihrer Nachbarschaft wird ausserdem durch Filtration wesentlich gefördert in Folge von Druckdifferenzen, welche theils aus der Spannung des Blutes in den Gefässen, theils aus der Zusammensetzung der Gewebe selbst sich ergeben. Es können aber auch in einzelnen Fällen einfache Imbibitionserscheinungen (*Kölliker*) oder Druckwirkungen innerhalb der Zelle in Betracht kommen, welche letzteren durch die elastischen Wandungen der Zelle erzeugt werden können (*Donders*).

Was wir über die chemischen Bestandtheile der Zelle im Allgemeinen wissen, ist bereits oben angegeben worden. Die Bestandtheile der umgebenden Flüssigkeiten sind die Nahrungsstoffe des Thierkörpers, also neben Wasser und organischen Salzen vorzüglich complicirte chemische Verbindungen, wie Eiweiss, Zuckerarten, Fette. Die wesentlichste, hier in Betracht kommende Eigenthümlichkeit der letzteren ist, dass sie viel weniger Sauerstoff enthalten, als zur Sättigung der Affinitäten der anderen in ihnen vorkommenden Grundstoffe nothwendig ist. Sie können daher bei günstigen Verhältnissen unter Aufnahme von Sauerstoff leicht in sauerstoffreichere Verbindungen zerspalten, d. h. oxydirt werden. Manche von ihnen enthalten in ihrer chemischen Constitution grosse Atomencomplexe, in welche sie auch ohne Sauerstoffaufnahme zerfallen können.

Diese Körper sind also nebst ihren mehr oder weniger hoch oxydirten Derivaten in uns unbekannten Mischungsverhältnissen in der Umgebung der Zellen vorhanden. Dazu gesellen sich zwei Gase, der Sauerstoff und die Kohlensäure, welche in der Flüssigkeit diffundirt sind, und von denen durch die Athmung und Blutcirculation der erstere stets in neuen Quantitäten zugeführt, die letztere aber ununterbrochen fortgeleitet wird*).

*) Dass die Zellen auch ihre Athmung haben müssen, geht unter anderem daraus hervor, dass bei den tracheenführenden Thieren die feinsten Verzweigungen

In der Aufnahme und chemischen Umsetzung dieser Stoffe und in der Wiederausscheidung der entstandenen Produkte besteht nun der Stoffwechsel der Zelle. Zufolge vielfacher Erfahrungen können wir als sichergestellt annehmen, dass der Stoffwechsel vornehmlich an einen Bestandtheil der Zelle, an das Protoplasma, geknüpft ist. In ihm finden wir gelegentlich die Produkte des Stoffwechsels eingelagert, in ihm spielen sich hauptsächlich die uns sichtbaren Aeusserungen lebendiger Thätigkeit ab. Auch das physiologische Experiment hat Belege dafür gebracht: die Flimmerbewegung — eine Funktion des Protoplasmas — kann nur bei Vorhandensein von freiem oder lose gebundenem Sauerstoff vor sich gehen; der letztere wird dabei allmälig verbraucht. Ebenso funktioniren die Leuchtorgane gewisser Insekten nur in sauerstoffhaltiger Luft. Auch die Erscheinungen am thätigen Muskel weisen darauf hin.

Was den *Anstoss* zu diesen chemischen Vorgängen in der Zelle gibt, ist unbekannt; nur weiss man für einzelne Fälle, dass ein gewisser Nerveneinfluss dabei im Spiele ist (siehe unten bei den Bewegungen). Ebenso ist keineswegs festgestellt, *welche* dieser Stoffe in jedem einzelnen Falle zur Verwendung gelangen, und in welcher *Reihenfolge* die Umsetzungen vor sich gehen. Sicher ist nur, dass sie zum grössten Theile den Charakter von Oxydations-, manchmal aber von einfachen Spaltungsprozessen besitzen. Auch kennt man einen grossen Theil der daraus hervorgehenden *Produkte*. Dieselben sind einmal die specifischen Bestandtheile der Drüsensecrete, dann gewisse mehr oder weniger bleibende Bestandtheile der Zellen, wie Fett, Pigment, manche in den sogen. Intercellularsubstanzen enthaltene Stoffe (z. B. leimgebende Substanzen), endlich als Endprodukte: Wasser, Kohlensäure und Harnstoff.

Es darf mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass gewisse Stoffwechselvorgänge in allen oder doch in den meisten Zellenarten in gleichartiger Weise ablaufen können, wenn die äusseren Bedingungen dazu gegeben sind; so diejenigen, welche mit dem Wachsthum und der Fortpflanzung in Beziehung stehen, oder jene, welche zur Bildung von Fett in der Zelle Veranlassung geben. Andere Umsetzungen gehören zu den ganz specifischen Eigenthümlichkeiten gewisser Zellenarten; dahin gehört z. B. die Säurebildung im Muskel, die Secretionsvorgänge in den Drüsen u. s. w. Die Gründe hiefür sind in den einzelnen Fällen vollständig unbekannt, im Allgemeinen aber sind sie zweifelsohne in gewissen Modalitäten der chemischen Zusammensetzung des Protoplasmas und in besonderen Bauverhältnissen der Zellen, sowie in den verschiedenen Verkehrsbedingungen derselben mit den umgebenden Flüssigkeiten zu suchen.

In Bezug auf die *Bedeutung* der Stoffumsetzungen müssen wir dieselben nach *Ludwig* und *Müller* in dreierlei Kategorieen bringen: in solche, welche für die Erhaltung der Zelle dienen, andere, welche die Funktion des Organes vermitteln, und endlich in solche, welche in der Zelle ablaufen, ohne dass sie zu ihren Lebenszwecken irgend etwas beitragen. Leider ist es uns nicht möglich, im einzelnen Falle die Stoffwechselvorgänge nach dieser Richtung mit einiger Schärfe zu charakterisiren.

---

der Tracheen bis an und in die Zellen hingehen (z. B. Muskelfasern, Fettkörperzellen, Leuchtorgane u. s. w. der Insekten).

Die *Grösse* des Stoffwechsels kann nicht in allen Zellen und zu allen Zeiten dieselbe sein, sie muss nothwendig wechseln, je nach der Rolle, welche einer bestimmten Zelle zugewiesen ist, und ebenso nach der Intensität, mit welcher sie zu verschiedenen Zeiten ihren Funktionen obliegt. Kaltblütige Thiere haben einen weit langsameren Stoffwechsel als Warmblüter, daher ihre Fähigkeit, lange in abgeschlossenen Räumen das Leben zu erhalten. Aus diesem Grunde aber erlischt mit dem Absterben dieser Thiere noch lange nicht die Lebensfähigkeit der einzelnen Elementartheile; dieselben reichen eben mit den in ihnen und in ihrer unmittelbaren Umgebung vorhandenen Nährstoffen noch längere Zeit aus, ein Umstand, welcher sie für die histologische Untersuchung höchst werthvoll macht.

Wenn sohin der Stoffwechsel des Gesammtorganismus zunächst in die Zelle, und zwar hauptsächlich in das Protoplasma verlegt werden muss (wie weit sich der Zellkern daran betheiligt, ist unbekannt), so darf man doch nicht behaupten, dass ausserhalb derselben in den thierischen Flüssigkeiten und Geweben keine chemischen Umsetzungen vor sich gehen. Man müss dies aus mannigfachen Gründen sogar für höchst wahrscheinlich halten; doch darf man vermuthen, dass auch hiezu die Vorgänge in den Zellen den Anstoss geben, und dass sie nach ihrer Quantität und Qualität von den letzteren beeinflusst werden.

Lebensäusserungen der Zellen. Als solche bezeichnet man alle jene Thätigkeiten und Erscheinungen, welche von dem Stoffwechsel abhängig sind, und entweder an der lebenden Zelle direkt beobachtet werden können, oder zufolge physiologischer Thatsachen ihr mit Sicherheit zugeschrieben werden müssen. Dahin sind zu zählen: die Bereitung gewisser chemischer Produkte, welche, wenn sie aus der Zelle ausgestossen und auf eigenen Wegen fortgeführt werden, Bestandtheile der sog. *Secrete* bilden. In andern Fällen werden die Stoffwechselprodukte in der Zelle zurückbehalten und können zur Entstehung der diplasmatischen Zelle Veranlassung geben. Ferner müssen hierher gezählt werden: die Bildung von Wärme, Licht und Elektricität, das Auftreten verschiedenartiger Bewegungen, endlich die Erhaltung, das Wachsthum und die Fortpflanzung der Zelle selbst. Wir können uns hier nur so weit mit diesen Vorgängen befassen, als sie mit der Morphologie in Zusammenhang stehen, und verweisen bezüglich der anderen auf die physiologischen Lehrbücher.

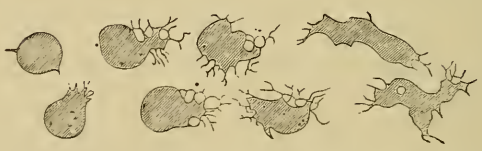
Bewegungserscheinungen an den Zellen. Die Bewegungsfähigkeit (Contraktilität) der thierischen Zellen manifestirt sich in verschiedenartiger Weise. Gewisse Formen der Bewegung sind auf eine grosse Reihe von Zellen der verschiedensten Art verbreitet (*amöboide Bewegung*). Andere sind an bestimmte Modifikationen im Baue des Protoplasmas geknüpft (*Muskel-Contraktilität*), und noch andere auf eigenthümliche Anhänge gewisser Zellen beschränkt (*Flimmerbewegung*,

Spermatozoen). An einzelnen niederen Thieren ist auch eine Art von *Saftströmung*, wie sie manchen Pflanzenzellen zukommt, beobachtet worden. Sie besteht in einer fliessenden, eine bestimmte Richtung einhaltenden Bewegung der in dem Protoplasma eingelagerten Körnchen, welche höchst wahrscheinlich in Folge von aktiven Contraktionen der Zellsubstanz veranlasst wird.

Diesen Bewegungsformen, welche im eigentlichen Sinne des Wortes vitaler Natur sind, steht eine andere gegenüber, welcher wir aber nicht nur innerhalb der Zellen, sondern überall dort begegnen, wo feinste Körnchen in Flüssigkeit suspendirt sind; es ist dies die sogen. *Brown'sche Molekularbewegung* — ein Oscilliren kleiner Körperchen in Folge von molekularen Flüssigkeitsströmungen. Wo sie innerhalb von Zellen beobachtet wird (Speichelkörperchen, unter gewissen Bedingungen auch in Eiterzellen), ist sie nicht nothwendig an den lebendigen Zustand derselben geknüpft.

Die amöboide Bewegung. Die wichtigste in den thierischen Zellen vor sich gehende Bewegungserscheinung ist jene, welche man allgemein als amöboide Bewegung beschreibt, weil sie in ganz ähnlicher

Fig. 3.



Formen einer farblosen Blutzelle des Frosches in amöboider Bewegung (Hartnack-Immers. X, Ocular 2).

Weise den Amöben (einer Rhizopodenart) zukommt und an diesen am meisten studirt worden ist. Man kann sich die Anschauung dieses Vorganges aber auch leicht verschaffen, wenn man einen Tropfen Froschblut ganz frisch, ohne Zusatzflüssigkeit und mit Vermeidung jedweden Druckes unter ein Deckglas bringt und mit starker Vergrösserung untersucht. Man wird unter den meist zahlreich vorhandenen farblosen Blutkörperchen gewöhnlich einige finden, welche eine regelmässige, kugelige Gestalt und scharfe, glatte Contouren besitzen; die Mehrzahl derselben aber wird sofort durch äusserst mannigfache Formen auffallen. Wählt man sich nun eine von diesen Zellen zur genaueren und anhaltenderen Beobachtung aus: am besten eine solche, welche im Ganzen noch die Kugelform deutlich erkennen lässt, aber an einer oder der anderen Stelle einen unregelmässigen, ausgefransten Contour zeigt, so wird man recht bald die ausgiebigsten Veränderungen in der Gestalt der Zelle wahrnehmen. Zunächst streckt sie von der Stelle, wo der Zellcontour unregelmässig ist, einen oder mehrere, feinere oder gröbere Fortsätze aus, welche sich verästigen,

stellenweise aber wieder zusammenfliessen, so dass eine netzartige Figur zu Stande kommt, welche der compakten Masse der Zelle anhängt; bald verschmelzen diese feinen Fädchen wieder miteinander und bilden einen zapfenähnlichen, gezackten Fortsatz des Zellkörpers; unterdessen sind auch an anderen Stellen des Zellcontours einzelne Ausläufer vorgetreten, welche entweder dasselbe Spiel wiederholen, oder nach mannigfachen Veränderungen ihrer Gestalt und Grösse bald wieder eingezogen werden. Die zapfenartig verlängerte Zelle streckt sich jetzt noch mehr, sie wird walzenförmig, knickt sich in stumpfem oder rechtem Winkel ab, umfasst gelegentlich ein in der Nähe gelegenes farbiges Blutkörperchen in weitem Bogen, oder breitet sich flach aus und blasst ab, als ob sie zerfliessen sollte; endlich sammelt sich die Masse wieder zu einem unregelmässigen Klümpchen oder zu einem mehrstrahligen Gebilde, welches zum Schluss wieder zur Kugelform zurückkehren und in derselben eine Zeit lang verharren kann, um bald wieder von Neuem seine Bewegungen zu beginnen. Der erstaunlich mannigfaltige Formwechsel, sowie die scheinbar ganz regellose Herausbildung der einen Gestalt aus der anderen spotten jeder Beschreibung.

Die Formveränderung erfolgt für gewöhnlich nicht so rasch, dass man die einzelnen Bewegungsakte als solche sehen könnte; wir werden sie vielmehr, wie *M. Schultze* treffend sagt, in derselben Weise inne, als wir die Bewegung des Zeigers an der Uhr wahrnehmen, d. h. wir sehen, dass die Form der Zelle nach kurzen Momenten nicht mehr dieselbe ist, welche sie früher war. Es ist daher dem Anfänger sehr zu empfehlen, sich während der Beobachtung in kleinen Intervallen die Umrisse der Zelle mit einigen raschen Zügen zu Papier zu bringen, wodurch er allein in den Stand gesetzt ist, das was er gesehen, am Schlusse der Beobachtung zu überblicken. Ausserdem ist zu bemerken, dass die Beobachtung nur dann Sicherheit gewährt, wenn sie nicht eher begonnen wird, als bis die Flüssigkeitsströmung im Präparate vollkommen zur Ruhe gelangt ist, und die zu beobachtende Zelle keine Spur einer flottirenden Bewegung mehr zeigt. Im anderen Falle könnten Formveränderungen dadurch vorgetäuscht werden, dass die Zelle sich in Folge von passiven, drehenden Bewegungen bald von dieser, bald von einer anderen Seite her dem Beobachter zeigt.

Die amöboiden Bewegungen äussern sich aber nicht nur in dem allmäligen Wechsel der Gestalt, sondern auch in einer aktiven Veränderung des Standortes, dem sog. *Wandern* der Zelle. Häufig lässt sich dies nur daraus erkennen, dass eben die Zelle nach einiger Dauer der Beobachtung nicht mehr dort sich befindet, wo sie ursprünglich gewesen war, ohne dass man sich Rechenschaft darüber zu geben vermöchte, wie diese Ortsveränderung vor sich gegangen ist. In günstigen Fällen aber gelingt es zu sehen, wie die nach einer Richtung hin ausgestreckten Fortsätze nicht wieder zurückgezogen werden, sondern sich irgendwo anheften und den Zellleib nach sich ziehen.

Dass diese Vorgänge auch im lebenden Thierkörper in grossem Umfange stattfinden, ist durch *v. Recklinghausen*, nach welchem Forscher solche Zellen als *Wanderzellen* bezeichnet werden, entdeckt worden. Eine weitere hiehergehörige, zuerst von *Häckel* mitgetheilte Thatsache ist, dass kleine geformte Theilchen, welche sich etwa in der Nähe der sich bewegenden Zelle befinden, in den Leib derselben aufgenommen werden können (so Körnchen von Carmin, Zinnober, selbst kleine Zellen), indem sie von den ausgestreckten Fortsätzen des Protoplasmas umfangen werden und beim Zurückziehen derselben in den Zellkörper gelangen. In ähnlicher Weise kann es zur vorübergehenden Bildung kleiner Vacuolen kommen, wenn Theilchen der umgebenden Flüssigkeit in die Zelle eingeschlossen werden. Solche Körnchen, Zellen oder Flüssigkeitströpfchen können eine Zeitlang in der Zelle verbleiben, dann aber wieder ausgestossen werden. (Man hat für diesen Vorgang den Ausdruck *Fütterung* in Anwendung gebracht.) —

An Zellen warmblütiger Thiere können amöboide Bewegungen ausserhalb des Körpers nur bei künstlicher Erwärmung des Objektes auf die annähernde Körpertemperatur beobachtet werden. Chemische Veränderungen in den die Zelle umgebenden Flüssigkeiten beeinträchtigen stets die Beweglichkeit; jedoch ist zu bemerken, dass die Einwirkung von schwachen Säuren die Lebensthätigkeit viel rascher zerstört, als ein Zusatz von schwach alkalisch reagirenden Substanzen. Nach *Thoma* ist für die Bewegungsfähigkeit der farblosen Blutkörperchen die Concentration des Plasmas von erheblichem Einfluss. Wasserarmuth desselben hemmt, Zusatz von Wasser fördert die Beweglichkeit sowohl bei warm- als bei kaltblütigen Thieren, und ebenso innerhalb des Blutkreislaufes, als wie in herausgenommenen Blutproben.

Ueber die Verbreitung der amöboiden Bewegungsform im Thierreiche möge die Bemerkung genügen, dass sie viel häufiger bei niederen, als bei höheren Thiergattungen beobachtet ist, was wohl in der verhältnissmässig grösseren Schwierigkeit der Untersuchung im letzteren Falle seine Erklärung findet, dass es aber fast keine im Thierkörper vorkommende Zellenart gibt, an welcher sie nicht schon gesehen worden wäre. Die schönsten Beobachtungsobjekte für die Wirbelthierklasse bilden aber neben den farblosen Blutzellen die Eiterzellen und gewisse Zellen der Bindesubstanzen.

Zur Theorie der amöboiden Bewegung. Es ist uns bis jetzt völlig versagt, einen Einblick zu thun in die Vorgänge, welche der Protoplasmabewegung zu Grunde liegen; doch liegen schon einige Versuche vor, den Mechanismus dieser Bewegung einer erklärenden Analyse zu unterziehen. Einen solchen verdanken wir u. A. *W. Engelmann.* Er nimmt an, dass das Protoplasma ein Aggregat kleinster, contraktiler, reizbarer Formelemente sei, deren Grösse sich in molekularen Dimensionen hält und deren Gestalt im maximal erregten Zustande als eine annähernd kugelförmige, im ruhenden Zustande als eine gestreckte, faserähnliche zu denken ist. Diese Formelemente, für welche

Engelmann den Namen *Inotagmen**) einführt, sind ohne bestimmte Anordnung zusammengefügt und sehr leicht nach allen Richtungen verschiebbar. Der Grad ihrer Verschiebbarkeit wächst und fällt mit dem zwischen ihnen befindlichen Imbibitionswasser. Stellt man sich nun vor, dass die Inotagmen ihre Form verändern, und zwar das einemal sämmtlich gleichzeitig und in gleichem Sinne, ein anderesmal nur gruppenweise und mit Einhaltung bestimmter Richtungen, so ist ersichtlich, dass die Gesammtmasse des Protoplasmas in Folge dessen ihre Form verändern muss. Die Bewegungen des Protoplasmas wären somit das Resultat der Formveränderungen der Inotagmen; diese selbst wären auf Aenderungen des Wassergehaltes der Inotagmen, das Wesen der Contraktion auf einen eigenthümlichen Quellungsvorgang zurückzuführen. In anderer Weise hat *Montgomery* die Bewegungen der Amöben durch chemische Vorgänge zu erklären versucht, indem er annahm, dass der Zustand der Contraction durch chemische Zersetzung, die gestreckte Form durch Wiederherstellung von Stoffen hervorgerufen werde.

Nun noch ein Wort über die *Bedeutung* der amöboiden Zellbewegung für den Organismus. Abgesehen von der Möglichkeit der spontanen Form- und Ortsveränderung der Zellen im Allgemeinen und von ihrer Fähigkeit, umliegende, geformte Theilchen in sich aufzunehmen und gegebenenfalls als Nahrung zu benützen, abgesehen davon hat man der Contraktilität der Zelle auch auf die Vermehrung und Fortpflanzung und auf gewisse Wachsthums-Erscheinungen einen Einfluss zugeschrieben. Von allerhöchster Wichtigkeit dürfte sie wohl für die Ernährung und den Stoffwechsel der Zelle selbst sein, weil durch sie eine ausgiebige Verschiebung der einzelnen Theilchen des Protoplasmas gegeneinander bedingt wird. So wie die Stoffaufnahme und Abgabe der Zelle dadurch äusserst gefördert werden muss, wenn stets andere Partikelchen ihrer Substanz an die Oberfläche gelangen, so ist auch eine erschöpfende Ausnützung und Verarbeitung des aufgenommenen Nährmaterials nur dadurch ermöglicht, dass dasselbe innig mit der Zellsubstanz vermengt wird. Man muss dabei unwillkührlich an eine Analogie mit der Bedeutung der Peristaltik des Magens und Darmes denken. Es erscheint sogar nicht unwahrscheinlich, dass gerade in dieser innigen Vermengung der Zellsubstanz mit ihrem Nährmateriale, welche nothwendig auch mit bestimmten Druckwirkungen einhergeht, einer der Gründe zu suchen ist, warum innerhalb des lebenden Organismus chemische Umsetzungen solcher Art und in

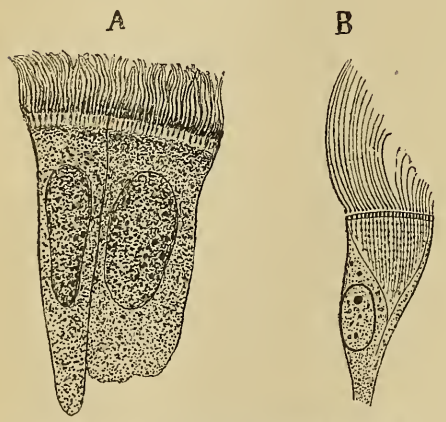
---

*) ἴς, ἰνός, die Faser, der Muskel, die Kraft; τό τάγμα eine in Ordnung aufgestellte Schaar, hier im Sinne von Molekülverbindungen.

solcher Reihenfolge vor sich gehen, wie sie ausserhalb desselben nachzuahmen den Chemikern bis jetzt noch nicht gelungen ist.

Flimmerbewegung. An verschiedenen Stellen des Thierkörpers kommen als Auskleidung von Hohlräumen Zellen vor, welche an ihrer freien Fläche einen Besatz von unmessbar feinen Härchen (*Flimmerhaare, Flimmercilien*) tragen. Diese letzteren sind während der Dauer des Lebens in ununterbrochener Bewegung begriffen, während an dem Zellkörper selbst eine solche in keiner Weise beobachtet werden kann. Die Bewegung eines einzelnen Härchens geht an verschiedenen Oertlichkeiten nicht immer nach demselben Modus vor sich. Meist besteht sie in einem Abbiegen desselben etwa in der Mitte seiner Länge und in einem gleich darauffolgenden Geradstrecken, wobei jedoch der letztere Akt rascher und mit grösserer Kraft geschieht, als der erstere. Indem alle Flimmerhaare einer Oberfläche nach derselben Seite hinschwingen, wird im Ganzen eine Bewegung von genau bestimmter Richtung hervorgerufen. Man kann sich die Einzelnbewegung ungefähr durch abwechselnde leichte Beugung und Streckung eines Fingers versinnlichen. Sie erfolgt so rasch, dass man sie erst dann genauer aufzufassen vermag, wenn ihre Energie schon etwas geschwächt ist.

Fig. 4.



A Zwei isolirte cylindrische Flimmerepithelzellen aus der Zunge des Frosches nach zweitägigem Einlegen derselben in Müller'sche Flüssigkeit. Seibert-Immers. VIII, Ocul. 3.
B Flimmerzelle mit Fadenapparat nach *Engelmann*, von Cyclas cornea. Oelimmers. Zeis $^1/_{18}$''; 1000mal vergrössert.

Wenn man die Spitze einer Froschzunge kurz nach dem Tode des Thieres mit der Scheere abkippt und mit Zusatz von Jodserum oder $^1/_2$ % Kochsalzlösung unter ein Deckglas bringt, so kann man an dem Rande des Präparates das Phänomen eine geraume Zeit lang gut beobachten. Man sieht den Saum des Objektes in einer continuirlichen, wallenden Bewegung begriffen, von welcher zuerst gar keine Details nachzuweisen sind. Man bemerkt nur, dass Blutzellen oder andere kleine Körperchen, welche demselben näher kommen, rasch nach einer gewissen Richtung hin vorwärts getrieben werden. Nach einiger Zeit wird die Bewegung langsamer, und man kann dann schon die einzelnen Härchen unterscheiden, endlich auch die Form ihrer Bewegungen constatiren. An gewissen Oertlichkeiten kommt auch ein anderer

Modus der Flimmerbewegung vor: so ein gleichmässig pendulirender, oder auch ein wellenförmiger (besonders bei den Teichmuscheln an den langen Flimmerhaaren ihrer Kiemen u. s. w.).

Alle jene äusseren Einwirkungen, welche auf die amöboide Bewegung von Einfluss sind, zeigen auch auf die Flimmerbewegung eine analoge Wirkung, nur gelang es noch nicht, eine direkte Abhängigkeit der letzteren von dem Nervensystem festzustellen. Das Genauere über die räumlichen und funktionellen Beziehungen der Flimmercilien zu dem Zellprotoplasma ist zur Zeit noch nicht völlig aufgeklärt. Neueren Untersuchungen (*Eimer, Engelmann*) zufolge sitzen die Cilien auf kleinen, körnchen- oder stäbchenartigen Gebilden, den „Fussstücken" auf, welche, mosaikartig oder reihenweise aneinandergefügt, der freien Oberfläche des Zellprotoplasmas aufsitzen (Fig. 4). Die Fussstücke unterscheiden sich nach *Engelmann* von den Cilien durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen, durch grössere Widerstandsfähigkeit gegen chemische Eingriffe und durch differentes Verhalten gegen Farbstoffe. Indem die Fussstücke sich auch gegenüber dem Zellprotoplasma optisch verschieden verhalten, gewähren sie in der Profilansicht der Zelle wegen ihrer flächenhaften Anordnung leicht den Eindruck eines Saumes, beziehungsweise einer Membran, welche der freien Oberfläche des Protoplasmas aufliegt und in welcher die Cilien eingepflanzt sind. Als solche sind sie denn auch früher meist gedeutet worden.

Durch Vermittlung der Fussstücke stehen die Cilien in continuirlicher Verbindung mit einem System feinster Fädchen, welches im Zellkörper eingelagert und im Allgemeinen parallel der Längsrichtung der Zelle geordnet ist. Es ist indessen noch nicht gelungen, über das nähere Verhältniss dieses „Fadenapparates" zu dem Zellprotoplasma in's Klare zu kommen.

Der Besatz von Flimmerhaaren kommt fast ausschliesslich nur cylinder- oder pyramidenförmigen Zellen zu, und zwar findet sich bei Menschen und Säugethieren das flimmernde Epithel: in der Schleimhaut der Nase (mit Ausnahme der Regio olfactoria) und ihrer Nebenhöhlen, an der Schleimhaut des Respirationstraktes bis in die feineren Bronchialäste (mit Ausnahme der wahren Stimmbänder), in der Tuba Eustachii und an einzelnen Abschnitten der Trommelhöhle (wo es mehr kubischen Zellen zukommt); ferner in dem Uterus sowohl an der Schleimhautoberfläche als auch in den Drüsen von der Mitte des Halses nach aufwärts, in den Eileitern bis an die Fimbrien, in den Coni vasculosi und in dem Kanal des Nebenhodens. Bei manchen Thieren ist der Flimmerbesatz noch auf andere Stellen verbreitet, so beim Frosch fast auf die ganze Mundhöhle mit Ausnahme der Zungenpapillen, auf die Innenfläche der Bauchhöhle u. s. w.

Die *Bedeutung* der Flimmerbewegung für den thierischen Organismus ist eine wesentlich mechanische. Durch sie können feste oder flüssige Theilchen, welche der flimmernden Oberfläche aufliegen, in bestimmter Richtung weiterbefördert werden. Demnach sehen wir auch an den einzelnen, damit versehenen Trakten eine ganz bestimmte und durchwegs gleichbleibende Richtung der Bewegung. Sie ist von bedeutender Kraft und Geschwindigkeit, wovon man sich am einfachsten eine ungefähre Vorstellung verschaffen kann, wenn man Kohlenpulver auf die Gaumenschleimhaut eines Frosches aufstreut. Es gibt jedoch auch Methoden, nach denen man sie mit ziemlicher Genauigkeit zu messen vermag.

Entstehung und Fortpflanzung der Zellen. Seitdem die entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten *Remak's* bekannt geworden sind, und *Virchow* seinen berühmt gewordenen Satz „*Omnis cellula e cellula*“ ausgesprochen hat, ist man so ziemlich darüber einig geworden, dass die Entstehung aller thierischen Zellen auf andere vorher dagewesene zurückgeführt werden müsse. Früher hatte man sich nach dem Vorgange *Schleiden's* und *Schwann's* den Ursprung einer Zelle so vorgestellt, dass in einer geeigneten Flüssigkeit, welche man *Cytoblastem* nannte, sich zunächst ein Kernkörperchen bilde, welches dann als Anziehungspunkt für die „gestaltungsfähigen“ Theilchen der Flüssigkeit diene, und dass aus diesen sich in weiterer Folge der Kern und endlich die ganze Zelle bilde. Man nannte dies die *freie Zellbildung* (*Generatio aequivoca, Urzeugung*). Seither aber sind zahllose Thatsachen bekannt geworden, welche die Entstehung von Zellen aus anderen präexistenten Zellen zweifellos darthun, während andererseits für die elternlose Urzeugung nicht ein einziges entscheidendes Beweismittel beigebracht werden kann. Es musste daher die *Schwann*'sche Theorie der Zellengenese vollständig verlassen werden. So oft neue Zellen entstehen, liegt eine *Zertheilung der Substanz früher vorhandener Zellen* zu Grunde.

Die Zelltheilung wird stets eingeleitet durch die Zerlegung der Substanz des Zellkernes in zwei annähernd gleich grosse Theile, welche die Kerne der Tochterzellen abgeben. Während diese dann etwas auseinanderrücken, beginnt erst später die Theilung des Zellkörpers.

Den Vorgang bei der *Kerntheilung* hat man sich bis vor Kurzem, entsprechend den Lehren *Remak's*, ganz allgemein so vorgestellt, dass zuerst das Kernkörperchen sich theile und dann der Zerfall des Kernes in zwei Tochterkerne durch einfache, von der Peripherie her beginnende Zerschnürung desselben erfolge. Es ist das Verdienst *Flemming's*, darauf hingewiesen zu haben, dass diese Vorstellung über die Kerntheilung den thatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht, dass eine Kerntheilung nach diesem Modus (welchen er den der *direkten Kerntheilung* nennt) noch niemals sicher beobachtet worden ist.

Hingegen ist es den vereinigten Bemühungen zahlreicher Forscher

gelungen, durch unmittelbare Beobachtung einen anderen Hergang der Kerntheilung zu entdecken und in allen seinen Phasen zu verfolgen. Das Wesen desselben, soweit es vornehmlich durch *Flemming*, dann durch *Strasburger, Mayzel, Bütschli, Eberth, Schleicher, Klein, Pfitzner, Peremeschko, Retzius* u. A. nahezu übereinstimmend festgestellt worden ist, beruht darin, dass das Chromatin des Kernes sich zu einem vielfach gewundenen Fadengerüst (*Kerntheilungsfigur, Kernfigur*) umordnet, welches nach einer Reihe typischer Metamorphosen in zwei annähernd gleiche Theile zerfällt und so die Grundlage für die Tochterkerne abgibt. Dieser Modus wurde von *Flemming* als *indirekte Kerntheilung*, von *Schleicher* als *Karyokinesis**) bezeichnet. Der Vorgang dabei ist folgender (Fig. 5):

An einem Kerne, welcher sich zur indirekten Theilung anschickt, bemerkt man zunächst ausser einer mässigen Volumszunahme, dass sich die färbbare Substanz zu kurzen, gebogenen Fädchen ordnet, aus welchen bald ein langer, vielfach gewundener und verschlungener Faden entsteht. Dabei verschwinden die Kernkörperchen und die Kernwand als solche; ihre Substanz geht in die Fadenfigur auf. Die Windungen des Fadens sind durch den ganzen Kern gleichmässig vertheilt und erscheinen in ihrer Gesammtheit als ein ellipsoidischer oder kugeliger *Knäuel* (*Spirem***), *Flemming*). Dieser ändert jedoch alsbald sein Aussehen einigermassen, indem der chromatische Faden der Quere nach in Stücke zerfällt (*Segmentirung des Kernfadens*), welche anfangs ziemlich regellos gelagert sind. Die Fadensegmente nehmen nun bald die Form von kurzen Schleifen an, deren Scheitel der Mitte und deren freie Enden der Peripherie des Kernes zugewendet sind. Zwischen den Scheiteln der Schleifen erhält sich mitunter zuerst eine kugelige Portion von achromatischer Substanz (*Kranzform*); bald aber rücken dieselben bis zur völligen Berührung zusammen und bilden so eine mehr oder weniger deutlich ausgeprägte *Sternfigur* (*Aster, Monaster*).

Inzwischen macht sich eine neue Veränderung an den Kernfäden geltend, indem ein jeder derselben sich der Länge nach zertheilt, so dass nun die Fäden feiner und die Schleifen in der doppelten Zahl vorhanden sind. Nun folgt die Anordnung der feinstrahligen Sternfigur in zwei Gruppen von Fadensystemen in der Weise, dass die eine Hälfte der Schleifen ihre Scheitel dem einen Pole, die andere Hälfte dem andern Pole des Kernes zuwendet, wobei die freien Enden der Schleifen sämmtlich nach dem Aequator des Kernes gerichtet sind. Während sich diese Umordnung vollzieht, zeigt die Kernfigur häufig

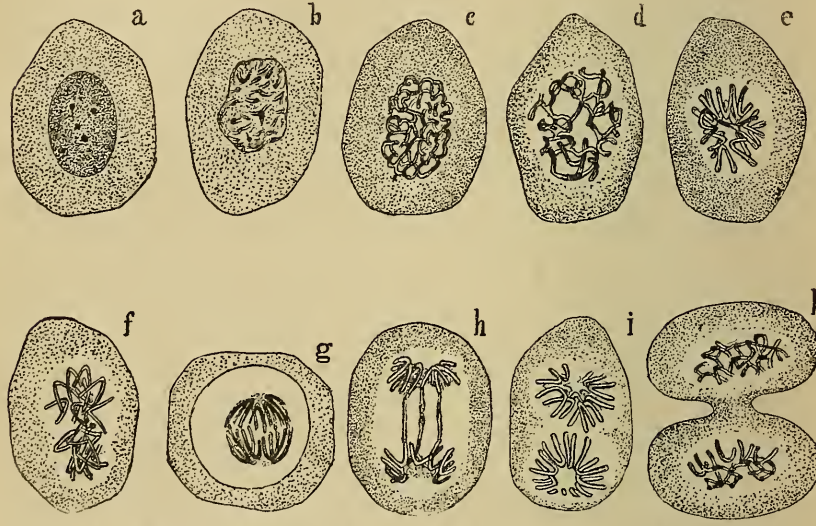
---

*) τὸ κάρυον die Nuss, der Kern; ἡ κίνησις die Bewegung.

**) τὸ σπείρημα das Gewundene.

ein sehr verworrenes Aussehen, indem die Veränderung in der Stellung keineswegs an allen Fadenschleifen gleichzeitig und gleichmässig sich vollzieht, und die einzelnen Fäden mehr oder weniger durcheinander geschoben sind. Die so gesetzte Kernfigur wird von *Flemming* als *Aequatorialplatte* bezeichnet, während für die am Ende dieser Phase resultirende Form der Ausdruck *Kerntonne* (*Strasburger*) gebräuchlich ist. Es besteht nemlich die Kernfigur zu dieser Zeit aus zwei nicht vollständig gesonderten Hälften (*Halbtonnen*), deren jede eine flach gehöhlte Form besitzt, eine radiäre Anordnung der Fadenschleifen zeigt und ihr Centrum einem Kernpole zuwendet. Die Schleifen beider

Fig. 5.



Zellen mit Kerntheilungsfiguren (Epithelzellen von den Kiemenplatten von Larven der Salamandra maculata). Pikrinsäure, Hämatoxylin. Hartnack's Objekt. IX, Ocul. 3.
a Ruhender Kern, b Entstehung der Fadenfigur, c Knäuelform, d Segmentirung des Kernfadens, e Sternform, f Aequatorialplatte, g Kerntonne, h Auseinanderweichen der Halbtonnen, i vollendete Theilung der Kernfigur (Dyaster), k vollendete Kerntheilung, Einschnürung des Zellkörpers.

Halbtonnen berühren sich noch im Aequator der Zelle oder sind mit ihren freien Enden durcheinander geschoben. Bald rücken aber die beiden Halbtonnen auseinander und erscheinen dann als selbständige Tochtersterne (*Dyaster*), getrennt durch achromatische Kernsubstanz. Ein jeder der Tochtersterne bildet die Grundlage eines neuen Kernes und macht in umgekehrter Reihenfolge die Metamorphosen durch, unter welchen er entstanden war. Es wandelt sich nämlich der Tochterstern in die Kranzform und weiterhin in die Knäuelform um, aus welcher sich endlich die Configuration des ruhenden Kerngerüstes entwickelt

Sind einmal die Tochtersterne weiter auseinandergerückt, so erscheint auch die achromatische Kernsubstanz in zwei noch zusammen-

hängende Portionen getheilt, zwischen welche sich dann von den Seiten her das Zellprotoplasma immer mehr hereindrängt, bis endlich auch an ihr die Theilung eine vollständige wird und so die beiden Tochterkerne fertig gebildet erscheinen.

Es ergibt sich sonach bei der indirekten Kerntheilung die nachstehende Reihenfolge für die Metamorphose der Kernfigur.

Mutterkern:

Ruhezustand des Kerngerüstes;

Knäuelform, entstanden durch Umordnung des Chromatin;

Kranz- und Sternform, entstanden unter Quertheilung des Kernfadens;

Aequatorialplatte, entstanden unter Längstheilung der Fäden und Verschiebung der Schleifen;

Kerntonne, Anordnung der Fadenschleifen zu einer regelmässigen Doppelgruppe.

Tochterkern:

Kranz- und Sternform (Dyaster), entstanden durch Auseinanderrücken der Halbtonnen—beginnende Theilung des Zellkörpers;

Knäuelform (Dispirem) — vollständige Theilung des Zellkörpers;

Ruhezustand der Tochterkerne.

Zu den Vorgängen bei der indirekten Kerntheilung ist noch folgendes zu bemerken. Als Bestandtheil der Kernfigur findet sich in einzelnen Phasen des karyokinetischen Prozesses noch ein System feinster, nicht färbbarer Fäden, welches man als *achromatische Kernfigur*, oder als *Kernspindel* bezeichnet hat. Sie ist an manchen Objekten (Pflanzenzellen, Hodenzellen von Salamandra macul.) sehr deutlich, an anderen nur undeutlich oder gar nicht zu erkennen; ihr Verhältniss zu der chromatischen Fadenfigur, sowie ihre Bedeutung für die Kerntheilung ist noch nicht klargestellt.

Die Momente, welche den Anstoss zu den typischen Metamorphosen der Kernfigur geben, sind noch vollständig in Dunkel gehüllt. Doch ist bemerkenswerth, dass nach den Beobachtungen *Flemming's* der Umwandlung des Muttersterns in die Aequatorialplatte eigenthümliche periodische Formveränderungen der Kernfigur vorausgehen, welche wesentlich in einer abwechselnden Abflachung und Wölbung des Sternes bestehen. *Flemming* betrachtet diese periodenweisen Bewegungen gleichsam als Anläufe der Sternfigur, aus der monocentrischen in die dicentrische Anordnung überzugehen.

Neuesten Mittheilungen *Pfitzner's* zufolge soll der chromatische Faden der Kernfigur aus kleinen, rundlichen Körnchen (Chromatinkugeln) zusammengesetzt sein. auf deren molekulare Wirksamkeit die Metamorphosen der Kernfigur zurückzuführen wären.

Die Abgrenzung des Kernes gegen den Zellkörper ist während des Ablaufes der Karyokinesis keine ganz scharfe, da sich die achromatische Zwischensubstanz des Kernes gegenüber dem Zellprotoplasma nicht durch einen deutlichen Contour abhebt. Doch ist das Bereich des Kernes in der Regel an der hellen, homogenen Beschaffenheit der Zwischensubstanz zu erkennen, und scheint eine Vermengung dieser letzteren mit dem Protoplasma nicht Platz zu greifen.

Die geeignetsten Objekte für die Orientirung in den beschriebenen complicirten Theilungsvorgängen sind die Epithelzellen der Kiemenplatten oder die Epidermiszellen von Salamander- und Tritonenlarven. Die Untersuchung kann im frischen (lebenden) Zustande geschehen, oder nach Conservirung des Objektes in Pikrinsäure oder Chromsäure. Im letzteren Falle ist Tinktion mit schwacher Hämatoxylinlösung oder mit Alauncarmin, unter nachfolgender Aufhellung mit Nelkenöl vor Allem zu empfehlen. Der Nachweis der karyokinetischen Kerntheilung ist übrigens an den verschiedensten Zellenformen, und zwar auch bei Vögeln und Säugethieren und auch beim Menschen geführt worden.

Die Theilung des Zellkörpers beginnt in dem Stadium, in welchem die Tochterkerne nahezu oder ganz ihre Selbständigkeit erlangt haben, mit einer seichten, peripheren Einschnürung des Protoplasmas. Indem diese sich rasch und im ganzen Umkreise gleichmässig vertieft, bleibt zwischen den beiden Hälften der Zelle bald nur mehr eine schmale Verbindungsbrücke übrig, mit deren Durchtrennung die Theilung vollzogen ist. Die beiden Tochterzellen, anfangs erheblich kleiner als die Nachbarzellen, liegen dann dicht nebeneinander und sind sofort an der gleichmässigen Beschaffenheit der Kernfigur erkennbar. Diese letztere macht bald ihre Metamorphose in den Ruhezustand des Kerngerüstes durch.

Die Zeit, in welcher der ganze Vorgang der Zelltheilung abläuft, scheint innerhalb gewisser Grenzen zu schwanken, und bei kaltblütigen Thieren eine erheblich längere zu sein als bei Warmblütern. *Peremeschko* bestimmte sie für die gewöhnlichen Epidermiszellen der Larve von Triton cristatus auf 1½ Stunde, wovon drei Viertel auf die Theilung des Kernes und der Rest auf die des Zellkörpers entfiel. *Flemming* schätzt die Dauer einer Zelltheilung unter gewissen Voraussetzungen für den Menschen auf annähernd ½ Stunde, für Salamandra auf 2 bis 5 Stunden.

Fasst man Alles zusammen, was die zahlreichen Untersuchungen der letzten Jahre in Betreff der Zellenvermehrung ergeben haben, so scheint es in der That, dass dieselbe in den organischen Geweben, und nicht minder bei der Furchung des Eies, durchwegs nach dem Modus der indirekten Zelltheilung vor sich geht, wenngleich im Einzelnen untergeordnete Differenzen in der Gestalt und Formfolge der Kernfiguren, sowie in der Art der Zertheilung des Zellkörpers immerhin vorkommen. Nur bezüglich der lymphoiden Zellen muss es vorerst dahingestellt bleiben, ob ihre Vermehrung nicht etwa auf dem Wege der direkten Theilung erfolgt (*Flemming*).

Als besondere Erscheinungsformen der Zelltheilung sind seit jeher die *endogene Zellbildung* und die *Knospung* bezeichnet worden. Die erstere kommt dort vor, wo Zellen innerhalb fester Membranen oder Kapseln eingeschlossen sind (z. B. im Knorpel, im Ei). Die Theilung

der Zelle geht dabei ganz nach dem Modus der indirekten Theilung vor sich, jedoch verbleibt die junge Zellenbrut wenigstens eine gewisse Zeit hindurch von einer gemeinsamen Hülle umschlossen, und es können in Folge fortgesetzter Theilungen 8, 12 und mehr Tochterzellen in der Kapsel der ursprünglichen Mutterzelle enthalten sein. Das Wesen der Knospung liegt darin, dass an einer Zelle an einer oder mehreren Stellen knospenartige Vortreibungen entstehen, welche sich nach und nach abschnüren und zu selbständigen Zellen werden können. Dieser Vorgang findet wahrscheinlich bei den vielkernigen Riesenzellen statt.

Es kann auch vorkommen, dass der Zelltheilungsprozess nicht alle seine Phasen durchläuft, sondern mit der Theilung der Kerne seinen Abschluss findet. In dieser Weise können zwei- oder mehrkernige Zellen entstehen, wie sie sich mitunter in grosser Zahl in der Leber, in dem Epithel der ableitenden Harnwege u. s. w. finden.

Es wäre nun noch die Frage zu erörtern, ob aus einer Zelle immer nur ihr gleichartige Individuen entstehen, oder ob etwa auch eine Zellenart aus einer anderen hervorgehen könne. Man muss dabei zweierlei in's Auge fassen: einmal das unmittelbare Ergebniss der Zelltheilung, dann aber die Möglichkeit, dass sich eine Zellenart im weiteren Ablaufe des individuellen Lebens in eine andere Zellenart umwandeln könne. Man wird es als bestimmt aussprechen dürfen, dass die unmittelbaren Produkte der Zelltheilung, d. h. die Tochterzellen stets den Charakter der Mutterzellen besitzen. Haben die letzteren die Bedeutung von geweblich indifferenten Zellen (z. B. Furchungszellen), so kann ihre Theilung zunächst wieder nur indifferente Zellen liefern. Hat eine Zelle aber einmal einen bestimmten histologischen Charakter angenommen, d. h. ist sie mit bestimmten Formen und Verrichtungen in die Bildung eines Gewebes eingetreten, so scheint es, dass aus ihr zum Mindesten unter physiologischen Verhältnissen nur Abkömmlinge ihrer eigenen Art hervorgehen können. Es entstehen also in dem gewöhnlichen Ablauf des Lebens aus der Theilung von Epithelzellen nur Epithelzellen, aus der Theilung von Bindegewebszellen nur Bindegewebszellen u. s. f. Eine Ausnahme besteht in gewissem Sinne bei den Drüsenzellen des Hodens, aus welchen unter eigenthümlich verlaufenden Theilungsprozessen schliesslich die Samenfäden hervorgehen. Elementartheile von complicirtem Bau, wie Nervenfasern, quergestreifte Muskelfasern (denen übrigens nicht der Charakter einfacher Zellen zugeschrieben werden darf), scheinen als solche zur Vermehrung durch unmittelbare Theilung überhaupt nicht befähigt zu sein.

Bezüglich der Frage, ob sich eine Zellenart im Laufe ihres Lebens in eine andere Zellenart umwandeln und so zur Vermehrung der letzteren beitragen kann, ist Folgendes zu bemerken. Nach den in der

Einleitung vorgeführten Anschauungen über die Abstammung der Elementartheile (Seite 5) müssen dieselben sämmtlich entweder auf die archiblastische oder auf die parablastische Keimanlage zurückgeführt werden. Es darf angenommen werden, dass alle Zellen, welche in der ursprünglichen archiblastischen oder parablastischen Anlage vorhanden sind, die Fähigkeit besitzen, sich gemäss den Umständen, unter welchen sie sich ihrer Lage und ihren Ernährungsverhältnissen nach befinden, zu allen jenen Zellenformen umzubilden, welche der betreffenden Gruppe angehören. Sind die Zellen aber einmal typische Bestandtheile eines Gewebes geworden, so haben sie damit jedenfalls eine gewisse Stabilität erlangt. Sie können sich zwar je nach der Beschaffenheit des Gewebes innerhalb desselben nach bestimmten Gesetzen umformen (z. B. in den Labdrüsen kann aus einer adelomorphen Zelle eine delomorphe Zelle werden), aber in eine Zelle von anderem Gewebscharakter können sie sich unter normalen Lebensverhältnissen nicht umwandeln (z. B. eine Bindegewebszelle kann nicht zur Epithelzelle, eine solche nicht zur Muskelfaser werden).

Allerdings gibt es eine Zellenart, für welche man die Fähigkeit zu den mannigfachsten Metamorphosen in Anspruch genommen hat; es sind dies die Leukocyten (Wanderzellen, farblose Blutzellen).

Nachdem durch *Cohnheim* die hochwichtige Thatsache entdeckt worden war, dass die farblosen Blutzellen durch die Gefässwand hindurchtreten und in die verschiedensten Gewebe einwandern können, hat dieser Forscher zunächst den Ursprung der organisirten Formelemente des Eiters — der sogen. Eiterzellen von ihnen abgeleitet. Bald darauf machte man die Erfahrung, dass die farblosen Blutzellen sehr leicht fein vertheilte in das Blut eingespritzte Farbstoffkörnchen in sich aufzunehmen und auf ihren Wanderungen mit sich zu führen vermögen. Erhielt man ein Thier, an welchem diese Operation vollzogen worden war, längere Zeit am Leben, so zeigte sich, dass an den verschiedensten Oertlichkeiten (Bindegewebe, Epithel, Drüsen u. s. w.) dieser Farbstoff in den Gewebszellen abgelagert war. Von vielen Seiten hielt man sich nun zur Behauptung berechtigt, dass diese Gewebszellen früher farblose Blutkörperchen gewesen und sich aus ihnen heraus entwickelt hätten; es gibt fast keine Zellenart des thierischen Körpers, für welche nicht durch einen oder den andern Autor die Möglichkeit ihrer Entstehung aus den farblosen Blutzellen reclamirt worden wäre. Es ist jedoch darin seit einiger Zeit eine gewisse Ernüchterung eingetreten, und wir können heute sagen, dass für keine einzige fixe Gewebszelle die direkte Entwicklung aus einer farblosen Blutzelle oder aus einer Wanderzelle mit voller Sicherheit beobachtet worden ist. Der Umstand, dass eine Gewebszelle Farbstoffkörnchen enthält, welche in das Blut ein-

gespritzt worden waren, kann nichts beweisen, da ja der Farbstoff, welchen die wandernde Blutzelle in das Gewebe getragen hatte, von dieser abgestossen und von einer andern Zelle wieder aufgenommen werden konnte. Auch steht es nach neueren Erfahrungen fest, dass Farbstoffkörnchen selbst ohne Vermittlung von Zellen die Gefässwände durchdringen können.

Das Wachsthum der Zellen. Ist die Zelle einmal fertig gebildet, so kann sie noch sehr bedeutend an Volumen zunehmen. Häufig geschieht dies nach allen Richtungen gleichmässig, und es erhält sich die ursprüngliche Form der Zelle, wie z. B. bei den Eizellen. In der Mehrzahl der Fälle ist aber das Wachsthum ein ungleichartiges, entweder vorwiegend nach einer Richtung hin strebendes, wie z. B. bei den Linsenfasern, Muskelfasern; oder die Zelle breitet sich der Fläche nach aus, so dass aus ihr eine Platte entsteht, welche umsomehr an Dicke abnimmt, je breiter sie wird (Zellen des geschichteten Pflasterepithels); oder aber es wachsen unter gleichzeitiger Vergrösserung des Zellkörpers an diesem verschiedenartige Ausläufer aus (Ganglienzellen, sternförmige Pigmentzellen u. s. w.). Es geht also in diesen Fällen das Wachsthum der Zellen mit einer Formveränderung einher.

Die Grösse des den Zellen zukommenden Wachsthums ist eine äusserst verschiedene. Verhältnissmässig gering ist sie z. B. bei den Blutzellen und bei den Epithelzellen der verschiedenen Art, weit beträchtlicher bei Ganglienzellen, Muskelfasern u. s. w. Eigenthümlich ist es, dass gewisse Zellenarten, namentlich Epithel- und Drüsenzellen, sowie auch Endothelzellen schon in früher Embryonalzeit annähernd ihre definitive Grösse erreichen, während andere, z. B. Muskelfasern, sich so lange vergrössern, als überhaupt die Wachsthumszeit des Individuums andauert. Damit steht im Zusammenhang, dass die Organe und Organtheile in dem letzteren Falle fast ausschliesslich durch Vergrösserung ihrer Elementartheile, im ersteren Falle aber nur durch fortwährende Bildung neuer Elemente ihr Wachsthum fortzusetzen vermögen. Worin der Grund des verschiedenen Wachsthumsvermögens verschiedener Zellenarten zu suchen sein dürfte, ist bis jetzt noch nicht aufgeklärt. Wahrscheinlich ist der Boden, auf welchen eine Zelle je nach ihrer Bestimmung gelangt, die Ernährungsverhältnisse der Umgebung u. s. w., dafür von Bedeutung. Für das einseitige Wachsthum hat man die Contractilität der Zelle als Erklärungsgrund herangezogen, andererseits aber auch mechanischen Einwirkungen (Dehnung) eine Rolle zugetheilt.

Für gewisse Zellen scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, dass Grösse und Form, in welche sie hineinwachsen, wesentlich von den localen Raumverhältnissen und von mechanischen, aus den Wachsthums-

vorgängen in der Umgebung herrührenden Einwirkungen abhängig sind; so erhalten die Leberzellen dort concave Ausschnitte, wo sie an Capillargefässe stossen; auch die mannigfachen Formen der Zellen geschichteter Epithelien sind schon vor längerer Zeit unter dem erwähnten Gesichtspunkte erklärt worden (*Lott, Rollett*).

An dem Wachsthum der Zellen betheiligen sich alle ihre Bestandtheile, wenn auch nicht in gleichem Maasse. Der Zellkern nimmt, nachdem er einmal gebildet ist, meistens nur sehr wenig mehr an Volum zu, ja es gibt Zellen, in denen wir in der Fötalzeit entschieden grössere Kerne finden, als an dem erwachsenen Individuum, z. B. Leberzellen. Es kann unter Umständen an ihm auch eine Formveränderung als Wachsthumserscheinung auftreten; so streckt sich gewöhnlich der Kern in die Länge bei einseitigem Wachsthume der Zelle, oder er plattet sich ab, wenn eine Zelle sich der Fläche nach vergrössert.

Den hauptsächlichsten Antheil am Zellenwachsthum nimmt offenbar der Zellkörper — das Protoplasma. Man beobachtet dabei entweder eine einfache Zunahme der Masse der Zellsubstanz, ohne dass sich die uns wahrnehmbaren Eigenschaften derselben verändern, oder aber es entwickeln sich gleichzeitig in derselben eigenthümliche Strukturverhältnisse, welche in Folge von optischer Differenzirung einzelner Theilchen unserer Beobachtung zugänglich werden (am auffälligsten am quergestreiften Muskel), oder aus chemisch differentem Verhalten gewisser Theile des Zellkörpers sich erschliessen lassen. So kann sich in dem Zellkörper eine Art von Gehäuse formen, welches das lebensfähige Protoplasma in sich schliesst. Solche Zellen heisst man *Oikoblasten* *).

Als eine zu besonderer Grösse herangewachsene Zellenart müssen die sogen. *Riesenzellen (Myeloplaques)* hier noch erwähnt werden. Es sind dies grosse, unregelmässig geformte, membranlose Protoplasmahaufen mit mehreren, selbst zahlreichen Kernen, welche man zuerst im Knochenmarke, später aber auch an verschiedenen anderen Orten und zwar grösstentheils unter pathologischen Zuständen gefunden hat. Man ist derzeit über ihre morphologische Bedeutung noch nicht ganz im Reinen, doch liegen Beobachtungen vor, wo man sie direkt aus farblosen Blutkörperchen entstehen sah. Andererseits aber können sie durch Knospenbildung wieder das Material für andere kleinere Zellen abgeben.

Lebensdauer der Zellen. Gewiss war die Mehrzahl der Histologen seit jeher der Ansicht, dass die zelligen Elementartheile des thierischen Körpers im Allgemeinen nur eine beschränkte Lebensdauer besitzen, d. h. dass sie während des normal ablaufenden Lebens ihres Trägers einem gewissen Wechsel unterworfen sind. Doch waren die

*) Οἶκος ὁ das Gehäuse.

Vorstellungen, welche man sich darüber zu bilden vermochte, nur sehr vager Natur, da es an hinreichenden thatsächlichen Anhaltspunkten mangelte. Allerdings war es bekannt, dass die Zellen der Epidermis und der geschichteten Epithelien einem stetigen Abstossungs- und Neubildungsprozess unterliegen, dass die rothen Blutzellen, wenn sie ausser die Blutbahn gerathen, unter Verwandlung ihres Hämoglobin in bestimmte Pigmente zu Grunde gehen, dass ferner Zellen verschiedener Art unter gewissen Verhältnissen eine fettige oder colloide Umwandlung ihrer Substanz erleiden und daraufhin zerfallen können u. s. w. Auch die Umwandlung cylindrischer Epithelzellen zu Becherzellen hatte man einer Vernichtung ihrer ferneren Lebensfähigkeit gleichgeachtet.

Allein alle diese Vorgänge wurden gewöhnlich nur unter dem Gesichtspunkte rein örtlicher oder besonderer funktioneller Verhältnisse aufgefasst. Neuere Erfahrungen weisen aber darauf hin, dass die ganz allmälige aber stetige Rückbildung von Elementartheilen in den thierischen Geweben und ein entsprechender Wiederersatz derselben durch Neubildung eine weit verbreitete, typische Erscheinung des normal ablaufenden thierischen Lebens ist; und fast möchte man vermuthen, dass es in nicht ganz ferner Zeit gelingen dürfte, diese Erscheinung als ein für die thierischen Gewebe allgemein gültiges Gesetz zu erweisen.

Vorerst liegt darüber folgendes vor: *Sigm. Mayer* hat sichergestellt, dass die markhaltigen Nervenfasern nicht stabile oder perennirende Gebilde sind, sondern einem fortwährenden physiologischen Degenerations- und Regenerationsprozess unterliegen. Derselbe Forscher hat, nachdem schon durch *Flemming* die Rückbildung von Blutgefässen in dem abmagernden Fettgewebe beschrieben worden war, den Nachweis geliefert, dass in dem Blutgefässsystem die Neu- und Rückbildung einzelner Abschnitte, und zwar nicht nur von Capillaren, sondern auch von grösseren Gefässen ein weit verbreiteter Vorgang ist. *Kölliker* hat die umfassende Bedeutung und das allgemeine Vorkommen von Resorption und Anbildung an den wachsenden Knochen kennen gelehrt. Für die einschichtigen Epithelien darf nach vielfachen Beobachtungen das fortlaufende Absterben und der Wiederersatz einzelner Zellen als sichergestellt betrachtet werden. Ich selbst habe auf einen ähnlichen Vorgang in der Wand der Labdrüsen hingewiesen. Nicht minder scheinen Anzeichen vorzuliegen, dass auch die quergestreiften Muskelfasern einem allmäligen Wechsel unterworfen sind.

Ueber die näheren Bedingungen, über den Umfang und über die zeitlichen Verhältnisse aller dieser Vorgänge hat man allerdings auch heute noch keine klare Vorstellung.

Bedeutung der einzelnen Zellbestandtheile. Nach den vorstehenden Erörterungen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das

Protoplasma als der wesentlichste und wichtigste Bestandtheil der thierischen sowie der pflanzlichen Zelle anzusehen ist. Vor Allem bildet es entschieden das unmittelbare Substrat für die meisten typischen Lebensvorgänge in der Zelle. Wenn auch nicht geleugnet werden darf, dass dem Zellkern ein Antheil an dem Stoffwechsel zukommt, so sind doch die uns sichtbaren Aeusserungen des letzteren zum grössten Theile an das Protoplasma geknüpft. Nur in ihm finden wir die nachweisbaren Produkte des Stoffwechsels (Fett, Pigment, Schleim, Krystalle), während der Kern niemals derartiges in sich schliesst. In ihm laufen die Bewegungserscheinungen ab, gegen welche sich der Kern im Wesentlichen nur passiv verhält. Auch das Wachsthum der Zelle erfolgt vorzugsweise auf Kosten des Protoplasmas; und nicht minder wird die äussere Form der Zelle, und der Antheil, welchen sie an dem Aufbau der Gewebe nimmt, durch das Protoplasma bedingt.

Ist so eine Zelle ohne Protoplasma nicht denkbar, so erhebt sich aber die Frage: kann unter Umständen das Protoplasma für sich allein die Bedeutung einer Zelle, eines Elementarorganismus in Anspruch nehmen? Dürfen wir gegebenen Falles einen Klumpen Protoplasmas, an welchem wir keinen Kern nachweisen können, eine Zelle nennen? Oder ist der Kern trotz seiner scheinbar untergeordneten Bedeutung ein unabweisbar nothwendiger Bestandtheil der Zelle? Wenn auch vor nicht gar langer Zeit *Leydig* und *M. Schultze* noch die letztere Frage entschieden bejahend beantwortet hatten, sind wir durch das Gewicht inzwischen entdeckter Thatsachen gezwungen, nach dem Vorgange *Brücke's* den Begriff der Zelle auch auf kernlose Elementar-Organismen auszudehnen. Es hat sich nemlich gezeigt, dass die unterste Grenze der Thierwelt durch kernlose Gebilde von der Bedeutung einfacher Zellen repräsentirt wird, welchen alle Funktionen organisirter Individuen zukommen (*Häckel's Protisten*); man hat kernlose Monaden- und Amöben-Species gefunden, die Entstehung junger Pflasterepithelzellen in der Froschhaut in Form von kernlosen Blasen beobachtet. Diese Thatsachen zusammengenommen fordern unbedingt, dass wir den Begriff der Zelle auf alle jene zu morphologischen Individuen geformten protoplasmatischen Elementartheile ausdehnen, welche aus sich zu den Funktionen eines organisirten Wesens — Ernährung, Erhaltung, Fortpflanzung — befähigt sind. Es ist aber schon früher bemerkt worden, dass es im Leibe höher stehender Thiere keine Zellen gibt, welche nicht einen Kern in sich schliessen, oder wenigstens zu irgend einer Epoche ihres Daseins einen solchen besitzen. (Für Zellen ohne Kern ist der Name *Cytoden* eingeführt worden.)

Welche Bedeutung der Kern für die Organisation der Zelle besitze, ist noch völlig unklar. Dass er bei der Fortpflanzung der Zellen

eine wesentliche Rolle spielt, ist aus den mitgetheilten Thatsachen ohne Weiteres ersichtlich; ob er aber, wie man das früher allgemein annahm, geradezu ein „Reproduktionsorgan" der Zelle sei, in dem Sinne, dass von ihm aus der Anstoss zur Zelltheilung gegeben werde, ist für jetzt nicht zu entscheiden.

Noch weniger als der Kern kann die Zellmembran, wo eine solche vorhanden ist, als wesentlich für den Begriff der Zelle angesehen werden. Alle jungen und überhaupt die meisten jener Zellen, in welchen die Lebenserscheinungen am deutlichsten hervortreten, entbehren der Membran gänzlich. *M. Schultze* hat sogar das Vorhandensein einer solchen als ein Zeichen des Alterns der Zelle gedeutet. (Will man eine kernhaltige Zelle ausdrücklich als hüllenlos bezeichnen, so gebraucht man für sie den Namen *Protoblast*.)

Die Zellmembran hat offenbar nach zwei Richtungen hin eine Bedeutung für die Zelle; einerseits unterliegt es keinem Zweifel, dass der Stoffaustausch zwischen Zelle und Umgebung gewisse Modificationen erleiden muss, sobald derselbe durch eine chemisch und physikalisch von der Zellsubstanz differente Membran hindurch stattfindet. Es lässt sich nicht angeben, worin qualitativ diese Modificationen bestehen mögen, wohl aber darf man mit Grund vermuthen, dass die Quantität des Stoffaustausches durch das Dazwischentreten der Zellmembran eine geringere werden dürfte. In anderer Beziehung ist die Zellmembran für die physikalische Beschaffenheit der Zelle von Bedeutung, da sie offenbar eine grössere Festigkeit und Resistenzfähigkeit derselben bedingt. Es scheint denn auch bei gewissen Zellenarten die Erhaltung der morphologischen Individualität nur durch die Anwesenheit einer Membran ermöglicht zu sein. Ein gutes Beispiel dafür bietet die Fettgewebszelle dar. Wir finden in ihrem Jugendzustande keine Spur einer Membran; erst dann, wenn sich in ihr eine gewisse Menge von Fett angehäuft hat, wird eine solche nachweisbar. Es wäre dann die verhältnissmässig geringe Menge des Protoplasmas allein wohl kaum mehr im Stande, den ganzen Inhalt der Zelle zusammenzuhalten.

Gegenseitige Beziehungen der Zellen zu einander. Dieselben müssen sowohl vom morphologischen Standpunkte aus, als auch nach der funktionellen Seite hin in's Auge gefasst werden. In letzterer Hinsicht sei folgendes bemerkt. Die Selbständigkeit der einzelnen Zellen-Individuen hat ihre gewissen Grenzen nicht nur bezüglich ihrer inneren, nutritiven Lebensverhältnisse, sondern auch in ihrer nach aussen gerichteten Thätigkeit. Veränderte Lebensbedingungen, welche in Folge einer äusseren Ursache nur eine bestimmte Gruppe von Zellen betreffen, können in ihnen Vorgänge schaffen, welche entweder direkt oder indirekt

auf benachbarte Zellen übergreifen und in diesen sich wiederholen (Fortpflanzung von Entzündungen, Absterben der Elemente des nervösen Centralorgans in bestimmter Richtung in Folge von Verletzungen u. dgl.). Gewisse Vorgänge in einzelnen Elementartheilen sind im Stande, an anderen Orten Thätigkeitsäusserungen hervorzurufen; man denke an den Einfluss der Nerven und Nervenzellen auf die Funktion der Muskeln, Drüsenzellen u. s. w., an die Fortpflanzung der Erregung von einer Nervenzelle zur anderen, welche den sogen. Coordinations- und Reflexerscheinungen zu Grunde liegt. Im weitesten Sinne endlich ist das Leben einer jeden Zelle, sofern sie Bestandtheil eines zusammengesetzten Organismus ist, abhängig von den Verrichtungen aller anderen in diesem enthaltenen Elemente, weil nur durch das geordnete Zusammenwirken aller die nothwendigen Lebensbedingungen für jede einzelne Zelle geschaffen werden.

Mit Rücksicht auf die Morphologie hat man die gegenseitigen Beziehungen der Zellen je nach ihrer Anordnung und Verbindung zu beachten. Dieselben werden in den späteren Abschnitten ihre detaillirte Besprechung finden. Im Allgemeinen sei hier nur darauf hingewiesen, dass unmittelbare Beziehungen in der Regel nur zwischen Zellen gleicher Art vorkommen, indem sie sich entweder in gesetzmässiger Weise aneinander lagern, ohne dabei ihre räumliche Selbständigkeit einzubüssen (Epithelzellen), oder aber sie treten durch verschiedenartig gestaltete Ausläufer untereinander in continuirliche Verbindung (Ganglienzellen, gewisse Bindesubstanzzellen). Im ersteren Falle bilden sie hautartige oder mehr compacte Massen (Epithelien, Parenchyme), im zweiten Falle aber mitunter ein Maschen- oder Netzwerk (Reticulum), innerhalb dessen wieder andere Elementartheile eingelagert sein können. Aber auch in dem ersteren Falle, in welchem die räumliche Sonderung der Zellen scheinbar eine vollständige ist, können sie durch feinste Fortsätze (*Intercellularbrücken*) in gegenseitige Verbindung treten (z. B. in den geschichteten Epithelien).

II. Die Zellen — ihre Abarten und Derivate.

1) Die lymphoiden Zellen (Leukocyten) *).

In der Lymphe und Blutflüssigkeit, sowie als integrirende Bestandtheile des adenoiden Gewebes und des Knochenmarkes, endlich in Ge-

*) *Rollett* hat für diese Gruppe von Zellen die Bezeichnung *Keimzellen* gebraucht. Ich halte es für zweckmässig einen Ausdruck zu wählen, welcher der Bedeutung dieser Zellen nicht in so bestimmter Weise präjudicirt. Auch als *indifferente* Zellen werden sie bezeichnet.

stalt der an verschiedenen Oertlichkeiten sporadisch auftretenden sogen. Wanderzellen begegnen wir einer Form von Zellen, welche völlig übereinstimmende Eigenschaften zeigen, so dass man sie gegebenen Falles nicht wohl voneinander zu unterscheiden vermag. Es sind dies farblose, kugelige Zellen parablastischer Herkunft, welche, in ganz frischem Zustande in indifferenten Flüssigkeiten untersucht, weder einen Kern noch eine körnige Beschaffenheit des Protoplasmas erkennen lassen (Fig. 6 A). Sie stellen unter diesen Verhältnissen vielmehr ziemlich opake, nicht sehr scharf contourirte Klümpchen dar, welche hie und da eine ganz verwaschene, wolkige Trübung oder einzelne glänzende Körnchen in sich erkennen lassen. Da ihnen die Fähigkeit der amöboiden Bewegung in hohem Maasse zukommt, so trifft man sie unter geeigneten Umständen in den verschiedensten Phasen derselben. Ihre Grösse im kugeligen Zustande schwankt zwischen 4—14 μ im Durchmesser *).

Fig. 6.

Farblose Blutzellen vom Menschen. (Hartnack Syst. IX, Ocul. 2.)
A. Im ganz frischen Zustande, ohne Zusatzflüssigkeit.
B. Nach Zusatz von Wasser.
C. Nach schwacher Einwirkung von Essigsäure.
D. Dieselbe Blutzelle nach starker Einwirkung von Essigsäure.

Nach Zusatz von Wasser erhält der Zellkörper unter leichter Aufquellung einen scharfen glänzenden Contour und eine fein granulirte Beschaffenheit; in ihm erscheint nun ein deutlich umgrenzter, blasser, einfach contourirter Kern, mit einem oder mehreren Kernkörperchen versehen; sehr häufig sind 2—4 Kerne vorhanden. Essigsäure-Zusatz macht die körnige Trübung des Zellkörpers verschwinden, derselbe blasst ab, wird ganz durchsichtig und behält manchmal nur einzelne stark lichtbrechende Körnchen neben dem Kern als optisch differenzirte Theilchen in sich (Fig. 6 C und D). Unter der Einwirkung verdünnter kaustischer Alkalien zerfliessen die Zellen und lösen sich alsbald auf.

Eine Zellmembran kommt ihnen nicht zu. Ihre Substanz ist im frischen Zustande sehr cohärent, ausserordentlich weich und dehnbar, jedoch wenig elastisch und besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, sich an benachbarte Theile anzuheften; man trifft daher die lymphoiden Zellen nicht selten zu grösseren oder kleineren Gruppen aneinander

*) Es hat sich in der histologischen Literatur die zweckmässige Uebung eingebürgert, für die Grössenangaben der Objekte nicht den Millimeter als Einheit zu gebrauchen, sondern den tausendsten Theil desselben — Mikromillimeter oder *Mikron*. Das Zeichen dafür ist μ. Es ist also 1 μ = 0·001 Mm. und 1·5 μ = 0·0015 Mm.

geklebt, wohl auch dem Deck- oder Objektglas, oder anderen im Präparate enthaltenen Körpern adhärirend, so dass Flüssigkeitsströmungen, auf irgendwelche Weise in dem Präparate erzeugt, sie meist nicht von ihrem Standorte wegzuschwemmen vermögen. Der Grund für dieses leichte Anhaften der lymphoiden Zellen liegt nach *Hering* theils in der klebrigen Beschaffenheit ihrer Substanz, theils aber in der Unebenheit ihrer Oberfläche.

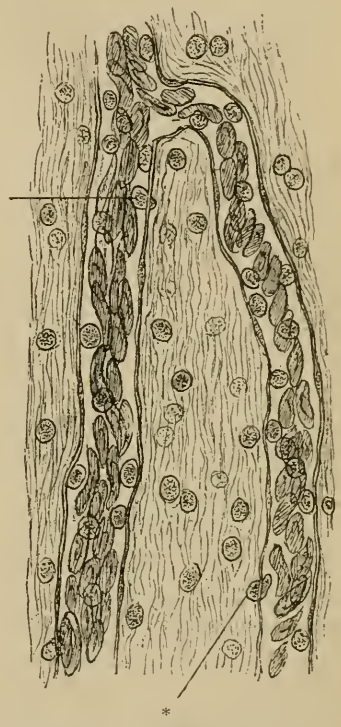
a) **Lymphzellen** (*Lymph-* oder *Chyluskörperchen*). Sie sind neben mehr oder weniger reichlich vorhandenen Fetttröpfchen und kleinen molekularen Körnchen in der Lymphflüssigkeit suspendirt. Ihre Grösse, sowie ihr äusseres Aussehen ist so ziemlich mannigfaltig. Von den grössten, mit zahlreichen stark lichtbrechenden Körnchen durchsetzten Zellen bis zu 14 μ Durchmesser gibt es die verschiedenartigsten Uebergangsformen zu ganz kleinen, kaum 4—5 μ messenden Zellen, an denen es nur schwer gelingt, um den Kern herum eine dünne Zone von Protoplasma nachzuweisen. In dem Inhalte kleiner Lymphgefässe trifft man meist spärliche, kleinere, in den Hauptstämmen aber zahlreiche, fast ausschliesslich grosse Zellen. Der Umstand, dass man sie stets reichlicher dort vorgefunden hat, wo die Lymphe bereits Lymphknoten passirt hat, deutet darauf hin, dass sie aus denselben entstammen. Sie können gleich lymphoiden Zellen des Blutes (siehe unten) die Gefässwände durchsetzen und als Wanderzellen in die verschiedenen Gewebe gelangen. Genauere Angaben über ihre Mengenverhältnisse liegen derzeit nicht vor; sie hängen aber jedenfalls mit dem Funktionszustande des Körpertheiles zusammen, von welchem die Lymphe herstammt.

b) **Farblose Blutzellen** (*weisse Blutkörperchen*). Sie unterscheiden sich nach ihren morphologischen Charakteren in nichts von den Lymphzellen und sind offenbar mit ihnen identisch, da sich ja die Lymphe sammt ihren geformten Bestandtheilen in den venösen Blutstrom ergiesst. Die Anzahl, in welcher sich lymphoide Zellen im Blute finden, ist eine äusserst inconstante. Ausser beträchtlichen individuellen Schwankungen hat man gefunden, dass sie im Hungerzustande sich sehr stark vermindern, während der Verdauung sich vermehren. Für den normalen, erwachsenen Menschen gibt *Hayem* ihre Zahl im Mittel auf 5000 in einem Cub.-Millim. Blut an. Ausserordentliche Schwankungen ihrer Menge findet man unter abnormen Verhältnissen. Sehr stark vermehrt sind sie bei Leukämie, bei lange andauernden Eiterungsprozessen, in der ersten Zeit des Wochenbettes, nach ausgiebigen Aderlässen; vermindert aber bei Erysipelen und Wechselfieber, bei sehr herabgekommenen Individuen überhaupt. Unter dem Einflusse kräftigender Arzneien (Chinin, bitterer Extracte) wird ihre Zahl in kurzer

Zeit stark vermehrt. Auch die verschiedenen Blutarten verhalten sich an demselben Individuum nicht ganz gleich; venöses Blut ist meist reicher an farblosen Zellen als arterielles, am reichsten das Blut der Milzvene.

Die lymphoiden Zellen des Blutes haben in hervorragendster Weise das Interesse der Histologen in Anspruch genommen, seitdem man ihre Fähigkeit kennen gelernt hat, durch die Wandungen der Blutgefässe hindurchzutreten (*Cohnheim*). Diesen Vorgang kann man sich am besten an dem Mesenterium des Frosches in der folgenden, dem Wesentlichen nach von *Hering* angegebenen Methode zur Anschauung bringen. Auf ein Glastäfelchen, von solcher Grösse, dass ein Frosch bequem untergebracht werden kann, kittet man mittelst Asphaltlack ein hufeisenförmig zugeschnittenes Stück Holz oder Kork von nicht ganz 1 Cm. Höhe und überdeckt dasselbe mit einem etwa 4 □Cm. grossen viereckigen Glasplättchen, welches in derselben Weise befestigt wird. Ist dieser einfache Apparat vorbereitet, so eröffnet man einem curarisirten Frosche durch einen etwa 3 Cm. langen Einschnitt entlang der rechten Achsellinie die Bauchhöhle, mit der Vorsicht, dass der Schnitt nicht zu nahe an das Vorderbein heranreiche, da man sonst die Seitenvene des Thieres verletzen würde. Nun hebt man mit einer Pincette vorsichtig eine Darmschlinge heraus, legt sie auf die Bauchfläche des Thieres um und schiebt zwischen beide ein Deckgläschen ein. Mit Hülfe zweier kleiner Pincetten kann man leicht den Darm so lagern, dass das Mesenterium allerseits unmittelbar dem Deckgläschen anliegt. Ist dies geschehen, so überträgt man den Frosch auf die Glasplatte, so, dass die Bauchwunde an die Oeffnung des hufeisenförmigen Korkstückes zu liegen kommt, und schlägt das Deckgläschen sammt dem Darm auf dasselbe herüber. Man kann dann mit jeder beliebigen Vergrösserung, auch mit Immersionslinsen sehr bequem und Tage lang untersuchen. Lageveränderungen des Präparates, durch Contractionen der Darmmuskulatur manchmal hervorgerufen, lassen sich sehr leicht mit Hilfe von stumpfen Nadeln oder Pincetten wieder ausgleichen. Wählt man sich unter den vorliegenden Blutgefässen eine kleinere Vene aus, so sieht man zunächst, wie manche farblose Blutzellen der Gefässwand zeitweilig adhäriren, überhaupt sich viel langsamer vorwärts bewegen, als die gefärbten. Nach einigem Suchen wird man eine oder die andere Stelle des Präparates finden, wo eine farblose Zelle durch lange Zeit der Gefässwand anhaftet, und nach verschiedenen Richtungen hin Fortsätze aussendet. Besonders günstig hiezu sind Gefässabschnitte, in welchen der Blutstrom sehr verlangsamt ist. Hat man ein farb-

Fig. 7.



Kleine Vene aus dem Mesenterium eines curarisirten Frosches bei erhaltenem Blutkreislauf. Bei * und * farblose Zellen in Auswanderung begriffen. Im Bindegewebe zwischen den beiden Venen befinden sich zahlreiche ausgewanderte Zellen. Hartnack Obj. Syst. VII, Ocul. 3.

loses Blutkörperchen vor sich, welches eben in der Auswanderung begriffen ist, so erscheint dasselbe durch den Seiten-Contour der Gefässwand wie eingeschnitten; man kann zusehends verfolgen, wie der im Innern des Gefässes befindliche Theil desselben allmälig kleiner wird und endlich verschwindet, während der ausserhalb gelegene sich fort und fort vergrössert, bis endlich das ganze Körperchen der Aussenseite der Gefässwand anliegt, ja sogar von derselben sich allmälig mehr und mehr entfernt. An den grösseren Blutgefässen des Mesenteriums, welche von Lymphräumen umgeben sind, beobachtet man namentlich das Ueberwandern der lymphoiden Zellen aus der Blutbahn in die Lymphbahn, eine Thatsache, welche von *Hering* zuerst gesehen und zur Erklärung des Vorkommens von lymphoiden Zellen an solchen Abschnitten des Lymphstromes, welche noch keinen Lymphknoten passirt haben, benützt worden ist.

Die Bedingungen, welche zu dieser Ueberwanderung der lymphoiden Blutzellen führen, sind nach *Hering* wesentlich mechanischer Natur. Der Vorgang selbst, der Filtration colloider Flüssigkeiten vergleichbar, wird begünstigt durch die Klebrigkeit der Zellsubstanz und steht in erster Linie unter dem Einflusse der Spannung und Geschwindigkeit des Blutes, kann aber durch die Contractilität der Zellen entweder gefördert oder gehemmt werden. *J. Arnold* konnte durch direkte Beobachtung nachweisen, dass an den entzündeten serösen Häuten die Durchwanderung lymphoider Zellen durch das Epithel immer nur an den Kittlinien zwischen den Epithelzellen, niemals aber durch die Substanz derselben selbst erfolgt.

Ausser den gewöhnlichen Formen der lymphoiden Zellen findet man im Blute nicht selten — nach einigen Angaben häufiger bei Fieberkranken — farblose Zellen, welche dicht von kleinen undurchsichtigen Kügelchen und Körnchen durchsetzt sind (*Körnchenzellen*); sie werden von mancher Seite als in Untergang begriffene farblose Blutzellen angesehen.

c) **Wanderzellen.** Jene lymphoiden Zellen, welche man namentlich in dem fibrillären Bindegewebe, aber auch zwischen Epithel- und Drüsenzellen in ganz inconstanter Weise auftreten sieht, ohne dass sie einen wesentlichen Bestandtheil dieser Gewebe ausmachten, hat man mit dem Namen Wanderzellen belegt, weil sie sich in der Regel durch auffallende Ortsveränderungen bemerkbar machen. Nach den bereits früher angeführten Thatsachen ist man wohl berechtigt, sie als identisch mit den lymphoiden Zellen der Lymphe und des Blutes zu betrachten. Neuesten Mittheilungen *Stöhr's* zufolge ist es als ein normales Vorkommniss anzusehen, dass lymphoide Zellen aus dem adenoiden Gewebe der Tonsillen, der Balgdrüsen, der solitären Follikel und *Peyer*schen Plaques, sowie aus der Schleimhaut der Bronchien durch die Epithelschichte hindurch auf die freie Schleimhautoberfläche auswandern, und zwar in sehr reichlicher Menge. Aehnliches ist von mir in sehr frühen embryonalen Stadien an der Schleimhaut des Magens und von *Patzelt* an der Schleimhaut des Darmes beobachtet worden. Durch diese Thatsachen findet das Auftreten der sog. *Speichelkörperchen* und *Schleimkörperchen* eine befriedigende Erklärung. Das veränderte Aussehen der Speichelkörperchen ist auf die Einwirkung der Speichelflüssigkeit zurückzuführen.

Ueber die Bedeutung und über die weiteren Schicksale der in die Gewebe des Körpers ausgewanderten lymphoiden Zellen herrscht noch ein gewisses Dunkel. Nach *Rouget's* Untersuchungen am Schwanze der Batrachierlarven, welches Objekt als das günstigste zu ihrer Beobachtung empfohlen werden kann, legen die Wanderzellen weite Strecken im Körper zurück und nehmen farbige Blutkörperchen, welche allenfalls ausgewandert sind, in ihren Leib auf. Die letzteren zerfallen, ihr Farbstoff wird in Melanin umgewandelt und bleibt in den Wanderzellen angesammelt (*Melanocyten*). Aus diesen Melanocyten sollen sich in weiterer Folge alle die verschiedenen Pigmentzellen der Batrachier entwickeln.

d) **Die lymphoiden Zellen des adenoiden Gewebes.** An den verschiedensten Stellen des Körpers finden wir, meist in innigen Beziehungen zu dem Lymphgefäss-Systeme stehend, eine Gewebsform, welche auf den ersten Anblick hin ausschliesslich aus einer Anhäufung von lymphoiden Zellen zu bestehen scheint. Thatsächlich aber sind diese in den engen Räumen eines zarten Maschengewebes enthalten, welches durch eigenthümlich ramificirte Bindesubstanzzellen hergestellt wird. (Siehe den Abschnitt: Lymphgefässsystem.) Durch Zerzupfen dieses Gewebes in frischem Zustande und bei Benützung indifferenter Zusatzflüssigkeiten kann man diese lymphoiden Zellen isolirt zur Ansicht bringen. Jedoch gelingt es nicht immer leicht, dieselben ganz unversehrt zu erhalten; man findet vielmehr in Zupfpräparaten sehr häufig frei umherschwimmende Kerne, denen an einer oder der anderen Stelle ein Protoplasmarest anhängt, überhaupt verschieden gestaltete Trümmer von Zellen. Die klebrige Beschaffenheit ihrer Oberfläche mag wohl zu dem innigen Aneinanderhaften derselben Veranlassung geben. Wohl isolirte Zellen sind an Form, Grösse und Aussehen den lymphoiden Zellen des Blutes gleich.

Eine hervorragende Bedeutung haben die in Rede stehenden Zellen dadurch erlangt, dass von ihnen die Abkunft der Lymphzellen hergeleitet wird. Man stellt sich das adenoide Gewebe als die Brutstätte vor, in welcher durch fortgesetzte Theilungsprozesse immer neue lymphoide Zellen entstehen. In Folge der innigen morphologischen Beziehungen dieses Gewebes zu den Lymphgefässen ist ein Uebertritt der fertigen Zellen in die letzteren recht gut denkbar. Wenn nun auch diese Annahme durch direkte Beobachtungen nicht gestützt werden kann, so wird sie doch in hohem Grade glaubwürdig gemacht durch die Beobachtung *Kölliker's*, wonach der Chylus, welcher aus jenen Gegenden des Darmes stammt, wo das adenoide Gewebe stärker vertreten ist, stets durch grossen Zellenreichthum vor dem anderen sich auszeichnet. Immerhin aber darf man nicht jede Lymphzelle als direkt und ausschliesslich dem adenoiden Gewebe entstammend ansprechen, seitdem *Hering* den Uebertritt derselben aus den Blutgefässen nachgewiesen hat.

e) **Die lymphoiden Zellen des Knochenmarkes.** Sowohl während der Bildung und des Wachsthums der Knochen, als auch im

fertigen Zustande derselben findet man in dem Knochenmarke lymphoide Zellen in wechselnder Zahl, am reichlichsten in dem sog. *rothen* Knochenmarke (in den Epiphysen der Röhrenknochen, in den kurzen und platten Knochen), in geringerer Zahl dann, wenn dasselbe vermöge seines Fettreichthumes eine gelbe Farbe angenommen hat. Sie werden gewöhnlich schlechthin als *Markzellen* bezeichnet und stimmen der Mehrzahl nach in ihrer äusseren Erscheinung mit den farblosen Blutzellen überein; manche von ihnen sind auch stärker granulirt, hie und da leicht gelblich gefärbt oder mit gelben oder braunen, krümmlichen Farbpartikelchen versehen. Man kann sich leicht diese verschiedenen Formen zur Ansicht bringen, wenn man einen möglichst frischen Knochen in einem Schraubstocke zerquetscht oder mit einem Hammer in Stücke schlägt und aus verschiedenen Stellen vom Knochenmark Proben herausnimmt und mit indifferenten Flüssigkeiten zerzupft. Ueber ihre Herkunft bestehen derzeit noch zwei verschiedene Anschauungen. Nach der einen gehen sie aus den Zellen jener temporären Knorpelanlagen hervor, welche beim Embryo die Stelle des werdenden Knochens einnehmen, und jener, welche noch später als Epiphysen-Fugen-Knorpel mit dem Wachsthum des Knochens im Zusammenhange stehen. Eine andere Ansicht geht dahin, dass die Markzellen zugleich mit den Blutgefässen von aussen in die Verknöcherungsherde eindringen und in den dort entstandenen Markräumen sich durch Theilung vermehren. Sie würden nach dieser Ansicht aus den zellenreichen Schichten der Beinhaut entstammen, vielleicht auch zum Theile ausgewanderte Blutzellen sein. Für keine der beiden angeführten Anschauungen konnten bisher direkte Beweise beigebracht werden.

Auch über die Bedeutung der Markzellen des Knochens ist man nicht ganz im Reinen. Während eine grosse Zahl von Histologen ihnen eine hohe Wichtigkeit für die Entstehung des Knochengewebes beilegt und sie als verwandt, wenn nicht völlig identisch mit den sogen. Osteoblasten — den eigentlichen Bildnern des Knochengewebes — ansieht, stellen sie für Andere eine mehr weniger indifferente Ausfüllungsmasse der Knochenräume dar. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass aus ihnen das zarte Bindegewebe des Knochenmarkes sich entwickelt. Zweifellos erscheint endlich, dass sie durch Ansammlung von Fett in ihrem Innern sich zu wahren Fettzellen umwandeln können (im sogen. gelben Knochenmark).

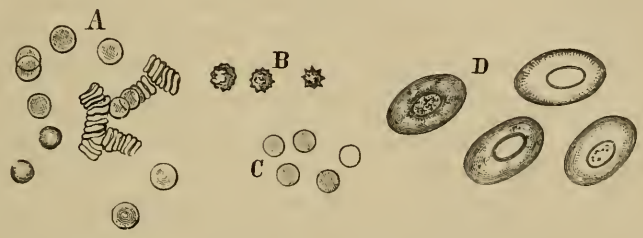
2) Farbige Blutzellen (rothe, gelbe Blutkörperchen).

Die heller oder tiefer roth gefärbte Blutflüssigkeit der Wirbelthiere verdankt ihre Farbe der Anwesenheit zahlloser kleiner, zelliger Gebilde, welche durch ihren Gehalt an Hämoglobin (Blutfarbstoff) vor allen anderen thierischen Zellen ausgezeichnet sind. Ihrer näheren

Beschaffenheit nach zeigen dieselben bei den verschiedenen Thierklassen nicht unerhebliche Differenzen.

Die farbigen Blutzellen *des Menschen* und der Säugethiere haben die *Form* einer Kreisscheibe, welche nahe ihrem Rande am dicksten ist und gegen die Mitte zu sich allmälig verdünnt, indem ihre beiden Grenzflächen leicht eingehöhlt sind. Man kann sie daher ganz wohl mit einer biconcaven Linse vergleichen, deren Rand man sich sanft abgerundet denkt. Um sich davon zu überzeugen, fixire man zunächst ein isolirt gelegenes Blutkörperchen, welches dem Beschauer eine seiner Flächen zukehrt. Man wird dann eine kreisrunde Scheibe wahrnehmen, deren einzelne Abschnitte bei entsprechender Handhabung der Stellschraube sich durch verschiedene Grade von Helligkeit auszeichnen

Fig. 8.



Farbige Blutzellen. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)
A. Vom Menschen; frisch, unverändert, in ihrer verschiedenen Erscheinung bei wechselnder Einstellung des Tubus. Mehrere derselben aneinandergereiht vom Rande her besehen.
B. Vom Menschen; nach längerem Stehen des Präparates, zackige Formen.
C. Vom Menschen; nach Wasserzusatz.
D. Vom Frosche; frisch ohne Zusatzflüssigkeit.

(Fig. 8 A). Bei höherer Einstellung erscheint der Rand der Blutzelle hell, ihre Mitte dunkel, bei tieferer Einstellung aber umgekehrt die Mitte hell und der Rand dunkel. Zwischen diesen beiden Einstellungen zeigt die Blutzelle einen hellen Rand und eine helle Mitte, dazwischen eine dunklere Zone. In allen diesen Fällen ist das Hell von dem Dunkel keineswegs scharf abgegrenzt, sondern es geht allmälig das eine in das andere über. Diese eigenthümliche Vertheilung des Lichtes ist durch die biconcave Form der Scheibe bedingt. Ein Kern ist ebenso wenig, wie eine Zellmembran wahrzunehmen. An manchen Stellen des Gesichtsfeldes wird man ab und zu einer Blutzelle begegnen, welche dem Auge des Beobachters nicht die Fläche sondern den Rand zuwendet. Sie erscheint dann in Form eines von beiden Seiten her leicht eingebogenen Stäbchens und zeigt eine grössere Intensität der Färbung und einen geringeren Grad von Durchsichtigkeit als wie bei der Flächenansicht. Recht häufig hat man Gelegenheit, die grösste Anzahl der in einem Präparate enthaltenen Blutzellen vom Rande her zu sehen, weil sie die Eigenschaft besitzen, sich mit Vor-

liebe mit ihren Flächen aneinander zu legen, so dass sie zu langen, geldrollenförmigen Reihen geordnet erscheinen. Am lehrreichsten ist die Beobachtung dann, wenn es gelingt, ein und dasselbe Körperchen bald von der Fläche, bald von dem Rande her zu sehen, was häufig geschieht, wenn ein solches durch spontane oder künstlich erzeugte Strömungen im Präparate hin- und hergetrieben wird. Man kann sich dann leicht von der angegebenen Formbeschaffenheit überzeugen.

Unter den Säugethieren bilden die Kameele und Lamas bezüglich der Gestalt der Blutzellen eine Ausnahme, indem bei ihnen die Form der Scheibe eine elliptische ist. Alle übrigen Wirbelthiere unterscheiden sich von den Säugethieren dadurch, dass ihre farbigen Blutzellen oval und kernhaltig sind (Fig. 8 D). Entsprechend der Stelle des central gelegenen ellipsoiden Kernes erhalten dieselben beiderseits eine Vorbauchung ihrer Oberfläche, so dass ihre Mitte dicker als der Rand, ihre Form eine biconvexe ist; sie werden daher nicht unzweckmässig mit Kürbiskernen verglichen. Nur bei Petromyzon zeigen die Blutzellen trotz der Anwesenheit des Kernes eine ähnliche Gestalt, wie sie den Säugethieren zukommt.

Man fertigt sich ein Blutpräparat für die mikroskopische Untersuchung am besten so an, dass man ein etwa stecknadelkopfgrosses Tröpfchen ganz frisch aus dem Körper entquollenen Blutes mittelst eines trockenen, reinen Deckgläschens auffängt und dieses ohne Zusatzflüssigkeit unter ganz leisem Druck rasch auf einen Objektträger bringt. Es ist dabei zu bemerken, dass der Körpertheil, welcher das Blut liefern soll, vorher gut gereinigt und getrocknet werden muss, und dass, wenn man das Blut sich selbst entnehmen will, dies am besten durch einen raschen Einstich mit einer feinen Nähnadel in die gespannte Haut einer Fingerbeere geschieht.

Charakteristisch für die gefärbten Blutzellen ist die Glätte und Schlüpfrigkeit ihrer Oberfläche, sowie die Weichheit, Dehnbarkeit und vollkommene Elasticität ihrer Substanz. Man kann sich hievon am besten unterrichten, während man in der oben angegebenen Weise den Blutkreislauf in dem Mesenterium des Frosches beobachtet. Man sieht da, wie sie im Gegensatze zu den lymphoiden Zellen leicht und rasch an jedem Vorsprung eines Gefässes vorbeischlüpfen, wie sie unter mannigfachen Veränderungen ihrer Form zwischen angesammelten lymphoiden Zellen sich durchzwängen, oder wie eine Blutzelle an der vorspringenden Kante einer Capillar-Bifurcation, gegen welche sie durch den Blutstrom hingeschleudert worden ist, unter den mannigfachsten Verkrümmungen ihres Leibes einige Zeit balancirt. So sehr aber ihre äusseren Formen durch mechanische Einflüsse geändert werden mögen, sofort nach dem Aufhören derselben schnellen sie wieder in ihre normale Gestalt zurück, im Falle sie nicht ihre Continuität und ihre Lebensfähigkeit eingebüsst haben. Von der Dehnbarkeit der Substanz der Blutzellen kann man sich auch eine Vorstellung verschaffen, wenn man an einem Blutpräparate das Deckgläschen unter leichtem Drucke hin und her schiebt; man erhält dadurch Verzerrungen der Blutzellen von der sonderbarsten Art. Eine active Bewegungs-

fähigkeit scheint den farbigen Blutzellen nach Allem, was wir bis jetzt wissen, nicht zuzukommen; nur an sehr jungen Hühner-Embryonen ist eine solche durch *M. Schultze* constatirt worden. Trotzdem besitzen sie ähnlich den lymphoiden Zellen die Fähigkeit, durch die Gefässwände hindurchzutreten (*Diapedesis*).

Die *Dimensionen* der farbigen Blutzellen, so sehr sie auch bei den verschiedenen Wirbelthierklassen abweichen, sind doch für einzelne Thierarten ziemlich constant. Für den Menschen beträgt der Durchmesser in der Fläche gewöhnlich 7—7·5 μ, der Dickendurchmesser 1·6 μ. Bedeutendere Schwankungen in der Grösse der menschlichen Blutkörperchen, welche von vielen Autoren, sowohl an einem und demselben, als auch zwischen verschiedenen Individuen angegeben werden, mögen wohl zum grossen Theile in Veränderungen der Blutzellen, welche nach der Herausnahme des Blutes aus dem Körper, oftmals ohne dass wir einen hinreichenden Grund dafür anzugeben wüssten, ziemlich rasch erfolgen, oder auch in der Ungleichartigkeit des Vorgehens bei Herstellung der Präparate ihren Grund finden. Differenzen geringeren Grades dürften durch die zeitweise wechselnde Concentration des Blutplasmas zu erklären sein.

Zahlreiche ältere Untersuchungen nach dieser Richtung liegen von *A. Schmidt, Harting* und *Welcker* vor. Nach diesen besitzt der Mensch fast unter allen Säugethieren die grössten farbigen Blutzellen. Grösser sind sie nur beim Elephant, beim Wallross und bei den Edentaten (*Gulliver*). Alle in unseren Klimaten heimischen Säugethiere besitzen kleinere Blutzellen und zwar sind die Unterschiede zum Theile sehr erheblich; so werden für den Hund 7·3, für die Katze 6·5, für das Pferd und für das Rind 5·6, für die Ziege 4·5 μ als mittlere Durchschnittsmaasse der Zellen angegeben. Die kleinsten sollen bei Moschus javanicus (2·5 μ) vorkommen. Etwas grösser als bei den Säugethieren sind die farbigen Blutzellen bei den Vögeln und Fischen; die allergrössten finden sich bei den Amphibien. Die des Frosches messen 22 μ in der Länge und 15·5 μ in der Breite, die des Proteus anguineus sogar 58, beziehungsweise 33—35 μ.

Da die angegebenen Grössen und Formen der Blutzellen für den Menschen und die verschiedenen Thiergattungen sehr constant sind, so können sie einen guten Anhaltspunkt für die Beurtheilung geben, ob eine vorliegende Blutprobe von einem Menschen oder von einer gewissen Thiergattung herstammen könne oder nicht, was besonders für forensische Zwecke mitunter von dem Gerichtsarzte gefordert wird. Verhältnissmässig leicht gestaltet sich die Antwort nach den vorstehenden Daten, für den Fall, als frisches Blut vorliegt. Der Gerichtsarzt wird es aber viel häufiger mit Blutflecken zu thun haben, welche seit längerer oder kürzerer Zeit eingetrocknet, vielleicht auch durch mannigfache Beschmutzung oder Waschversuche noch mehr verändert sind. In solchen Fällen sind die Blutzellen überhaupt unkenntlich geworden, und trotzdem eine Menge von Mitteln angegeben worden ist, durch deren Hülfe sie aufgeweicht werden und ihre frühere Form und Grösse wieder zeigen sollen, so muss der hohen Wichtigkeit eines gerichtsärztlichen Ausspruches gegenüber, welcher sich nur auf ganz untrügliche Beobachtungen stützen darf, dringend gerathen werden, den Dimensionen von Blutzellen, welche bereits

einmal eingetrocknet waren, keinen entscheidenden Werth beizulegen. In solchen Fällen kann höchstens entschieden werden, ob die Blutzellen kreisscheibenförmig oder oval waren, mitunter kann noch die Anwesenheit eines Kernes Aufschlüsse geben; in der Regel aber wird man sich begnügen müssen zu constatiren, dass überhaupt ein Blutflecken vorliegt. Als Mittel zur Aufweichnng der eingetrockneten Blutflecken sind angegeben worden: Kalilauge, Jodkaliumlösung, arsenige Säure, eine Mischung von Schwefel-Aether und Amylalkohol, endlich Anfeuchtung mittelst Glycerin oder $^3/_4$ % Kochsalzlösung und darauf folgende Tinction mit Anilin (Färbung der Kerne).

Die *Farbe* der einzelnen Blutzellen ist gelb, mit einem leichten Stich in's Grünliche und rührt von dem in ihnen gelöst enthaltenen Hämoglobin her. Liegen mehrere Blutzellen hinter einander, so geht die Farbe in verschiedene Nüancen von Roth über. Bei den kernhaltigen Blutzellen ist der Farbstoff auf den Zellkörper beschränkt.

Die *Zahl* der farbigen Blutkörperchen, welche in einer bestimmten Menge Blutes vorkommen, unterliegt sehr grossen Schwankungen. Ihre Bestimmung ist der Natur der Sache nach ausserordentlich schwierig und hat mit vielerlei Fehlerquellen zu kämpfen.

Vor einiger Zeit ist durch *L. Malassez* eine zweckmässige Modifikation der älteren *Vierordt'schen* Methode der Blutzellen-Zählung bekannt geworden. Sie besteht im Wesentlichen darin, dass ein Tropfen Blut mit einem bestimmten Quantum einer Flüssigkeit vermischt wird, welche die Eigenschaft besitzt, die Blutzellen gut zu conserviren. Es ist dies eine Lösung von arabischem Gummi, schwefelsaurem Natron und Chlornatrium in bestimmtem Verhältnisse. Die Mischung wird in einem eigens construirten Apparate vorgenommen, das so verdünnte Blut in ein getheiltes, wohl calibrirtes und abgeplattetes Capillarröhrchen gebracht und in passender Glashülle auf den Objekttisch gesetzt. Das Okular des Mikroskopes wird mit einer feinen quadratischen Gittertheilung montirt und mit Hülfe derselben die Anzahl der in einem bestimmten Theile des Capillarröhrchens enthaltenen Blutzellen gezählt. Die gefundene Zahl wird dann auf einen Cub.-Mm. unvermischten Blutes berechnet. Durch Wiederholung der Zählungen unter verschieden abgeänderten Umständen sucht *Malassez* die Fehlerquellen möglichst zu vermindern. Im Laufe der letzten Jahre hat diese Methode mehrfache Verbesserungen erfahren.

Die wichtigsten, von *Malassez* nach dieser Methode an Thieren erlangten Resultate sind folgende: In den verschiedenen Abtheilungen des arteriellen Gefäss-Systemes lassen sich keine bemerkenswerthen Abweichungen der Zahl der farbigen Blutzellen feststellen; hingegen variirt sie in den einzelnen Bezirken des Venensystems sehr bedeutend. Im Allgemeinen besitzt das venöse Blut mehr Zellen als das arterielle. Besonders reich ist das der kleinen Hautvenen. Einen grossen Einfluss auf die Zahl der farbigen Blutzellen im Venenblut übt der Thätigkeitszustand des betreffenden Körpertheiles; so besitzt das venöse Blut des Mesenteriums während der Verdauung, das der Submaxillardrüse während der Speichelabsonderung einen geringeren, das Blut der Muskelvenen während der Contraktion einen grösseren Gehalt an farbigen Zellen. Nach Durchschneidung des Sympathicus am Halse verringert sich ihre Zahl. Für die meisten Fälle kann nach *Malassez* die Verschiedenheit der Zahl der Blutzellen durch einen grösseren oder geringeren Plasmagehalt des Blutes erklärt werden. Nur für die Milz, in deren Venen besonders während der Verdauung der Reichthum an farbigen Zellen gegenüber der Arterie sehr be-

deutend ist, müsste eine Vermehrung und für die Leber, deren Venenblut weniger farbige Zellen zeigt, eine Zerstörung der farbigen Blutzellen innerhalb des Organes angenommen werden. Speciell für den Menschen schwankt die Zahl der farbigen Blutzellen nach den verschiedenen Lebensbedingungen; sie nimmt zu nach körperlicher Anstrengung, nach einem heissen Bade. Nach längerem Aufenthalte in einer grossen Stadt sollen sie vermindert, nach einem Landaufenthalte vermehrt sein.

Bezüglich der absoluten Menge der farbigen Blutzellen entnehme ich den Mittheilungen von *Malassez* folgende Daten: Der Mensch besitzt ungefähr fünf Millionen farbiger Blutzellen in einem Cub.-Mm. Blut, die Ziege hingegen 18 Millionen. Mit der Vergrösserung des Volumens der Blutzellen nimmt ihre Zahl ab; nur bei den Vögeln ist sie im Verhältniss zum Volumen grösser, als in den anderen Wirbelthierklassen. Einer früheren Beobachtung *Welker's* zufolge, bietet das Gesammtvolumen der farbigen Blutzellen, welche in einer bestimmten Menge Blut enthalten sind, trotz der grossen Schwankung in der Einzeln-Grösse der Blutzellen, bei den verschiedenen Thierklassen nur geringe Abweichungen, woraus hervorgeht, dass die Gesammtoberfläche der Zellen in einer Bluteinheit bei den niederen Wirbelthierklassen eine weit geringere ist, als bei den Säugethieren und beim Menschen.

Aeusserst mannigfach sind die *Veränderungen*, welche an den farbigen Blutzellen nach ihrer Entfernung aus dem Körper unter verschiedenen äusseren Einflüssen erfolgen. Es können hier nur die allerwichtigsten angeführt werden.

Wenn man ein Präparat von Säugethierblut durch einige Zeit beobachtet, so wird man häufig schon nach einigen Minuten finden, dass an vielen von den einzeln liegenden farbigen Blutzellen der Randcontour nicht mehr glatt, sondern fein gezähnelt erscheint. Diese Veränderung schreitet allmälig weiter vorwärts, bis endlich die ganze Oberfläche der Zelle wie mit kurzen Zacken besetzt ist. Während dem hat die Zelle ihre Scheibenform eingebüsst und ist beträchtlich kleiner geworden. Man bezeichnet solche Blutzellen als stechapfelförmig (Fig. 8 B). Es ist kein Zweifel, dass eine Verminderung des Wassergehaltes, gewissermassen eine Schrumpfung der Zellsubstanz zu dieser Formveränderung Veranlassung geben kann. Sie entsteht nicht nur dann, wenn das Blut der Verdunstung ausgesetzt ist, sondern auch bei Zusatz von ½—1% Chlornatriumlösung. Aber auch nach Durchleitung von elektrischen Entladungsströmen (*Rollett*) wird sie beobachtet, überhaupt unter Verhältnissen, wo man an einen Wasserverlust nicht denken kann. Diese Form soll überdies bei fieberhaften Krankheiten sehr häufig sein.

Zusatz von Wasser entzieht den farbigen Blutzellen das Hämoglobin, sie quellen dabei zur Kugelform auf und verlieren nach und nach ihre Farbe, bis endlich von ihnen nichts mehr als ein sehr zarter, heller Kreiscontour wahrzunehmen ist (Fig. 8 C). Der Durchmesser der Kugel ist kleiner, als früher der Durchmesser der Scheibe war; man kann daher sagen, dass die Blutzelle auf Kosten des Breitendurchmessers so viel an

Dicke gewonnen habe, dass eine Ausgleichung sämmtlicher Durchmesser erfolgt ist. — Stark verdünnte Säuren haben einen ähnlichen Erfolg. Ebenso verdünnte Alkalien, jedoch laufen die Veränderungen bei Einwirkung der letzteren rascher ab und es kommt bald zur völligen Auflösung der Zellen. Die Neutralsalze der Alkalien erzeugen bei mittlerer Concentration gewöhnlich die sog. Backschüsselform der Blutzellen, d. h. ihre mittlere Parthie wird nach einer Seite hin tief abgebogen. Nach Abkühlung des Blutes bis zum Gefrieren, oder auch nach längerem Verweilen in einer Temperatur zwischen 40 und 50° C. geben die Blutkörperchen ebenfalls ihren Farbstoff an das Plasma ab und werden kugelig. Erwärmt man jedoch rasch auf 52° C., so entfärben sie sich nicht, sondern bekommen tiefe Einkerbungen und zerfallen endlich in mehrere kleine kugelige Theilchen (*Rollett*).

Es muss noch bemerkt werden, dass bei allen diesen Reaktionen sich stets einzelne der farbigen Blutzellen weniger empfindlich zeigen und den genannten Einflüssen längere Zeit widerstehen, eine Eigenthümlichkeit, welche bis jetzt noch nicht aufgeklärt ist.

Das Verhalten der kernhaltigen rothen Blutzellen gegen die genannten äusseren Einflüsse ist im Wesentlichen dasselbe; eine besondere Erwähnung verdient jedoch ihre Reaktion auf den Zusatz von 2 % Borsäure (*Brücke*). Es zieht sich dabei, ohne dass die Gesammtform der Zelle eine wesentliche Veränderung erleidet, der ganze Farbstoff in die Umgebung des Kernes zurück, so dass der grösste Theil der Blutzelle farblos wird, oder aber es erstrecken sich von der in der Mitte liegenden gefärbten Masse mehrere strahlenförmige Fortsätze bis an die Peripherie der Zelle hin. Der gefärbte Antheil sammt dem Kern rückt dann mehr und mehr gegen die Oberfläche zu, erzeugt eine buckelartige Vorwölbung des Randcontours und tritt häufig ganz aus dem farblosen Antheile der Zelle heraus. Einen ähnlichen Vorgang kann man mitunter auch bei vorsichtigem Zusatz von Wasser oder anderen sehr verdünnten Säuren erzielen.

Der feinere Bau der farbigen Blutzellen. Seitdem die langwierige Controverse über die Frage, ob die Blutzellen eine eigene Zellmembran besitzen, von den meisten Autoren sowohl für die kernlosen als für die kernführenden Blutzellen im negativen Sinne entschieden worden ist, sind verschiedene Anschauungen über den feineren Bau derselben bekannt geworden. Die am meisten verbreitete stammt von *Brücke* her, welcher sie auf Grund der unter Einwirkung von Borsäure erhaltenen Veränderungen der Blutzellen von Tritonen gewonnen hat. Es ist erwähnt worden, dass sich dabei in den Blutzellen zwei Bestandtheile sondern, deren einer aus dem Kern und der gefärbten Substanz bestehend, contraktil und bewegungsfähig, der andere aber farblos,

durchsichtig und unbeweglich ist. Der erstere wird von *Brücke Zooid,* der zweite *Oekoid* genannt, womit angedeutet ist, dass der mit vitalen Eigenschaften ausgestattete, den Farbstoff und den Kern enthaltende Antheil der Blutzelle innerhalb eines leblosen Gehäuses sich befindet. Beide Substanzen durchdringen sich sehr innig.

Für die farbigen Blutzellen der Säugethiere ist es nach *S. Stricker* wahrscheinlich, dass sie einen ähnlichen Bau besitzen. Die Auffassung *Brücke's* ist in neuerer Zeit u. A. von *Rollett* und *Kollmann* angezweifelt und bestritten worden. Nach letzterem bestehen die farbigen Blutzellen aus einem protoplasmaähnlichen Stroma, welches in Form von farblosen, leicht gerinnbaren, netzartig geordneten Eiweissfäden auftritt, in dessen Lücken der Farbstoff liegt, und aus einer umhüllenden Membran, welche mit den Stromafäden in Verbindung steht; dazu kommt noch entsprechenden Falles der Kern.

Krystallisation des Blutfarbstoffes. Wie zuerst durch *Funke* festgestellt worden ist, besitzt das *Hämoglobin,* trotzdem es den Colloidstoffen zugerechnet werden muss, die Eigenschaft, unter gewissen Verhältnissen in wohl charakterisirten Formen zu krystallisiren. Im Innern der farbigen Blutzellen der Amphibien und Fische findet man nicht gerade selten kleine rhombische Krystalle des Hämoglobin, welche sich schon innerhalb des Kreislaufes bilden können. Für das Säugethierblut ist die Entstehung von Hämoglobin-Krystallen ausserhalb des Körpers unter den verschiedensten Bedingungen beobachtet worden. Hie und da erhält man sie, wenn man einen Tropfen Blut mit einem Tropfen Wasser vermengt, durch einige Minuten der freien Luft aussetzt, dann ein Deckgläschen auflegt und vollständig eintrocknen lässt. Aus Menschenblut krystallisirt das Hämoglobin in dieser Weise jedoch nur selten; am besten geeignet ist das der Milzvene, überhaupt mit Kohlensäure gesättigtes Blut. Nach *Zenker* erscheinen die Krystalle des Hämoglobin besonders leicht und zahlreich aus dem Blute leukämischer Personen. Andere Methoden ihrer Darstellung sind: Wiederholtes Gefrieren und Wiederaufthauen des Blutes, längere Einwirkung einer Temperatur von 60° C., elektrische Entladungsströme. Am sichersten führt das Schütteln gewässerten Blutes mit Chloroform in einer Eprouvette zum Ziele. Von Thierblut krystallisirt am leichtesten das der Meerschweinchen, Eichhörnchen und Hunde.

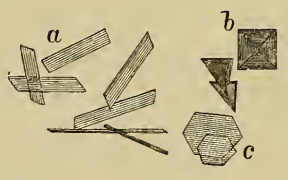
Die Krystallformen des Hämoglobin sind für die verschiedenen Thiere äusserst mannigfaltig, gehören jedoch nach den Untersuchungen *von Lang's* alle dem rhombischen Systeme an; nur das Blut der Eichhörnchen liefert hexagonale Tafeln, welche dem regulären Systeme angehören.

Durch Zersetzung des rothen Blutfarbstoffes lassen sich aus demselben noch andere gefärbte Krystallformen erhalten, von welchen eine — das *Hämatin* — ein einfaches Spaltungsprodukt desselben darstellt,

andere als chemische Umwandlungen des Hämatin zu betrachten sind. Als solche sind zu nennen: das *Hämatoidin* und das *Hämin*. Das Hämatoidin findet sich häufig im Körper und zwar in jenen Fällen, wo durch längere Zeit Blutextravasate bestanden und das ausgetretene Blut bereits gewisse Veränderungen erlitten hat, z. B. in apoplektischen Cysten, im Corpus luteum. Solche Stellen geben sich schon dem freien Auge durch eine rostbraune Farbe kund. Die Krystalle des Hämatoidin erscheinen als rhombische Prismen oder Tafeln von ausgezeichnet orangerother Farbe.

Eine grössere praktische Bedeutung haben die Krystalle des *Hämin* (unter dem Namen der *Teichmann*'schen bekannt) dadurch erlangt, dass sie sich in einfacher Weise und noch dann darstellen lassen, wenn das Blut schon längere Zeit eingetrocknet, sogar gefault war und selbst nur sehr geringe Mengen zur Verfügung stehen.

Fig. 9.



Hämoglobin-Krystalle. a) Aus menschlichem Blut, b) vom Meerschweinchen, c) vom Eichhörnchen. (Nach Funke.)

Man bereitet sie in der Weise, dass man eine geringe Quantität frischen oder eingetrockneten Blutes mit so viel Wasser versetzt, als zur Lösung des Blutfarbstoffes erforderlich ist, und davon einen kleinen Tropfen bei gewöhnlicher Temperatur auf dem Objektglase eintrocknen lässt. (Hat man es mit ganz kleinen oder überhaupt kaum kenntlichen, auf Leinen oder Holz eingetrockneten Blutflecken zu thun, so schneidet man am besten das entsprechende Stück heraus und gibt es mit etwas Wasser versetzt auf ein Uhrschälchen. Man wird dann gewöhnlich schon durch eine leicht gelbliche Färbung des Wassers auf das Vorhandensein von Blutfarbstoff aufmerksam gemacht. Ist die vorhandene Blutmenge sehr klein, so nimmt man am besten gleich auf dem Uhrschälchen selbst die Bereitung der Krystalle vor, nachdem man den Leinenfleck oder den Holzspan, überhaupt etwaige gröbere Unreinigkeiten vorsichtig entfernt hat.) Ist das Wasser vollständig verdampft, so setzt man ein etwa stecknadelkopfgrosses Tröpfchen einer 1 % Kochsalzlösung zu, welches man am besten mittelst einer Nadel auffängt und über die eingetrocknete Masse ausbreitet. Nach

dem vollständigen Eintrocknen gibt man mittelst eines reinen Glasstabes einen guten Tropfen Eisessig (Acetum glaciale) über die Masse und deckt rasch mit dem Deckgläschen zu. Man erwärmt nun mässig über der Weingeistflamme bis nahezu zum vollständigen Verdampfen des Eisessigs, und kann dann sofort die mikroskopische Untersuchung vornehmen. Bereitet man die Krystalle auf dem Uhrgläschen, so braucht man natürlich kein Deckgläschen und legt das erstere offen auf den Objekttisch.

Wenn die Häminkrystalle gut entwickelt sind, so zeigen sie sich als grössere oder kleinere rhombische Säulen von ganz eigenthümlich gelblichbrauner Farbe, welche theils einzeln, theils in grossen Massen beisammen liegen. Mitunter sind ihre langen Seiten etwas ausgebaucht, so dass wetzsteinartige oder ziemlich unregelmässige Formen entstehen, welche in der Regel durch eine etwas hellere

Fig. 10.

Krystalle des Hämin, aus frischem menschlichem Blute bereitet. Nach rechts zu einige der am häufigsten vorkommenden schlecht entwickelten Formen. (Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 2.)

Farben-Nüance ausgezeichnet sind. An Präparaten, welche seit mehreren Jahren aufbewahrt sind, habe ich die Beobachtung gemacht, dass eine Anzahl der Krystalle sich vollständig entfärbt hat, so dass nur mehr ihre scharfen Umrisse erkennbar sind; sie sind untermischt mit solchen, welche ihre charakteristische Farbe noch ganz gut zeigen.

Für den Fall, als die Hämin-Probe zu forensischen Zwecken verwendet wird, muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass man mit starker Vergrösserung das ganze Präparat fleissig durchsuchen muss, da mitunter sich nur an einzelnen ganz beschränkten Stellen Krystalle gebildet haben. Hat man solche gefunden, so ist der Ausspruch vollkommen gerechtfertigt, dass der untersuchte Fleck von Blut herrühre; hat man indess nach der angegebenen Methode keine Hämin-Krystalle herstellen können, so ist zunächst die Probe, wenn thunlich, mehrfach zu wiederholen. Es darf aber selbst nach mehreren negativen Resultaten noch nicht mit Sicherheit ausgesagt werden, dass kein Blut vorhanden war; besonders in Fällen, wenn Blut auf rostigem Eisen eingetrocknet war, gelingt es oft trotz aller Vorsicht nicht, aus demselben das Hämin darzustellen. Dass alle zu diesen Untersuchungen verwendeten Gegenstände: Nadeln, Gläschen u. s. w., vorher auf ihre vollständigste Reinheit zu untersuchen sind, ist wohl selbstverständlich.

Mit den beschriebenen, von dem Hämoglobin herzuleitenden Krystallformen

sind nicht zu verwechseln die sogen. *Charcot'schen Krystalle*, welche ziemlich constant in dem Blute, in der Milz und in dem Knochenmarke leukämischer Personen, aber auch anderwärts (im normalen Knochenmarke, in dem Sputum asthmatischer Personen) gefunden werden. Es sind dies kleine, farblose, glänzende Krystalle von der Form langgestreckter vierseitiger Pyramiden (nach *Zenker* Oktaëder), welche häufig der Oberfläche lymphoider Zellen anhaften. Sie scheinen sich erst längere Zeit nach dem Tode zu bilden. Ihre chemische Constitution ist noch unbekannt, ihr Ursprung wahrscheinlich auf die farblosen Blutkörperchen zurückzuführen (*Zenker*).

Herkunft der farbigen Blutzellen. Erst in neuester Zeit ist es gelungen, die vielbesprochene Frage nach der Entstehungsweise der farbigen Blutzellen mehr und mehr aufzuhellen. Es ist nicht möglich, in knappem Rahmen ein umfassendes Bild der bezüglichen Erfahrungen und Anschauungen zu entwerfen; nur das Wesentlichste möge mitgetheilt werden.

Schon in den frühesten embryonalen Entwicklungsstadien erscheinen zugleich mit der Bildung der ersten Blutgefässe auch Blutzellen, welche kugelförmig, farblos, kernhaltig und von ziemlich beträchtlicher Grösse sind und aus der parablastischen Keimanlage hergeleitet werden müssen.

Sie wandeln sich direkt in farbige Blutzellen um, welche ihren Kern und ihre kugelige Form behalten. Fortan vermehren sie sich durch Theilung innerhalb der gesammten Blutbahn. Sobald jedoch die Leber bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe gediehen ist, muss zunächst dieses Organ als die hauptsächlichste Bildungsstätte der gefärbten Zellen angesehen werden (*Kölliker*). Erst von dieser Zeit an kann man kernlose Blutzellen, welche aus den gefärbten kernhaltigen hervorgegangen sind, beobachten. Dieselben sind vorerst gegenüber den kernhaltigen in bedeutender Minderheit, allmälig nehmen sie aber an Zahl zu, während die kernführenden vermindert erscheinen, so dass man am Ende des Embryonallebens nur selten mehr einer der letzteren begegnet. In dieser Weise hatten *Kölliker* und *Fahrner* für die embryonale Entwicklungsperiode schon vor langer Zeit die Existenz kernführender gefärbter Blutzellen, ihre Vermehrung durch Theilung und ihre Umwandlung zu der typischen Form der rothen Blutzellen kennen gelehrt.

Für das extrauterine Leben und insbesondere auch für den ausgewachsenen Organismus hatte man früher ziemlich allgemein angenommen, dass die farblosen Blutzellen die Vorläufer der gefärbten seien, dass die letzteren durch bestimmte Zwischenstufen aus den ersteren hervorgehen. Seitdem aber *E. Neumann* und *Bizzozero* den Nachweis geliefert haben, dass in dem rothen Knochenmarke des Menschen und der Säugethiere während des ganzen Lebens Zellen vorkommen, welche den gefärbten kernhaltigen Blutzellen des Embryo völlig gleichen, und dass sich dieselben in kernlose rothe Blutzellen

umwandeln können, musste man dem Knochenmark eine hervorragende Bedeutung für die Blutbildung zuschreiben.

Zerzupft man rothes Knochenmark (am besten vom Meerschweinchen oder Kaninchen) in 0·75 % Kochsalzlösung, so findet man ohne Mühe da und dort isolirte Zellen von rundlicher Form und wechselnder Grösse mit röthlich gelbem homogenem Zellkörper und grossem, kugelförmigem, reich granulirtem Kern. Nicht selten ist der letztere doppelt vorhanden. Diese den embryonalen, kernführenden Blutzellen analogen Gebilde werden als *Hämatoblasten**) bezeichnet. Sie besitzen die Fähigkeit, sich durch indirekte Theilung (*Bizzozero, Flemming*) reichlich zu vermehren und sich in typische kernlose Blutzellen umzuwandeln. Ob dabei der Kern aus der Zelle ausgestossen wird (*Rindfleisch*), oder ob er im Innern der Zelle schwindet, und seine Substanz in der Substanz des Zellleibes aufgeht (*Neumann*), muss noch dahingestellt bleiben. Dass die Hämatoblasten mit den Markzellen des Knochenmarkes in unmittelbarer genetischer Beziehung stehen, ist vielfach angenommen, aber noch nicht hinreichend erwiesen worden.

Für die geschwänzten Amphibien und für die Fische ist durch *Bizzozero* die Milz als die hauptsächlichste Stätte der Blutbildung erkannt worden. Demselben Forscher ist es auch gelungen, an Hunden und Meerschweinchen, bei denen durch wiederholte Aderlässe die Blutbildung künstlich angeregt worden war, in der Milz zahlreiche kernhaltige rothe Blutzellen, von denen ein grosser Theil in Theilung begriffen war, aufzufinden.

Unter dem Namen *Blutplättchen* hat *Bizzozero* in jüngster Zeit einen bisher noch nicht bekannten, geformten Bestandtheil des Menschen- und Säugethierblutes beschrieben. Es sind dies äusserst dünne, farblose, runde oder ovale Scheibchen mit leicht concaven oder auch völlig ebenen Begrenzungsflächen; jede Andeutung eines Kernes fehlt. Sie besitzen einen drei- bis viermal kleineren Durchmesser als die farbigen Blutzellen und können, in grosser Zahl zwischen den übrigen geformten Elementen eingestreut, auch im circulirenden Blute nachgewiesen werden**). Zu ihren wesentlichsten Eigenthümlichkeiten gehört es, dass sie sich sofort nach Entleerung des Blutes aus dem Körper mit Vorliebe zu kleinen Gruppen zusammenlagern und sich bald bis zur Unkenntlichkeit verändern, indem an ihrer Oberfläche zarte Vorwölbungen entstehen, welche bald zu längeren Fortsätzen auswachsen und ein äusserst feinkörniges Aussehen erlangen. Die zu einer Gruppe ver-

---

*) Die Bezeichnung Hämatoblasten ist von einigen Autoren (*Hayem, Foa* und *Salvioli* auf andere Gebilde, welche sie irrthümlich mit der Bildung von farbigen Blutzellen in Zusammenhang brachten, angewendet worden.

**) Es sind dies dieselben Gebilde, welche *Hayem* schon früher als Hämatoblasten bezeichnet hatte.

einigten Blutplättchen mit ihren Ausläufern erscheinen dann als kleinere oder grössere, unregelmässige Klümpchen einer blassen, feinkörnigen Substanz, welche schon durch *M. Schultze* bekannt geworden, von ihm als *Körnchenbildungen* benannt worden sind, und zu mehrfachen Diskussionen Veranlassung gegeben haben.

Seither sind die Blutplättchen von mehreren Seiten, u. A. durch *Laker,* als normale Formbestandtheile des Blutes bestätigt worden. Der letztere Forscher hat namentlich gute Methoden zur Aufsuchung und Conservirung dieser Gebilde angegeben; er schreibt ihnen typisch eine biconcave Form zu.

Eine grosse Bedeutung würde den Blutplättchen zukommen, wenn es sich bestätigen sollte, dass ihnen, wie schon *M. Schultze* und *Ranvier* von den Körnchenbildungen vermuthet hatten, eine Hauptrolle bei der Gerinnung des Blutes und bei der Bildung von Thromben zukommt. Die neuesten Untersuchungen *Bizzozero's* haben dies sehr wahrscheinlich gemacht.

3) Epithelial- und Drüsenzellen.

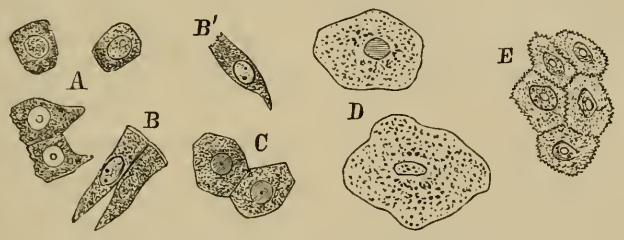
a) **Die Epithelialzelle** ist als solche charakterisirt durch ihren Standort, durch ihre Herkunft, durch ihre Form und Beschaffenheit und durch ihre Verbindung und Anordnung.

Die ganze äussere Oberfläche des Körpers, sowie alle jene in seinem Innern befindlichen Hohlräume, welche mit der Aussenwelt in continuirlichem Zusammenhange stehen, sind mit dünnen, blutgefässlosen Häutchen (Epithelien) überkleidet, deren geformte Elementarbestandtheile man als Epithelialzellen bezeichnet. Dieser zellige Belag bildet am ausgewachsenen Individuum im Allgemeinen ein continuirliches Ganzes, wenngleich an den verschiedenen Strecken gewisse Modifikationen in der Form und Beschaffenheit der Zellen auftreten.

Alle Epithelialzellen sind archiblastischer Abkunft und es kann als Bedingung ihrer Entstehung und Ausbildung die Lage archiblastischer Elemente an der Aussenfläche des Leibes, oder an der Oberfläche eines mit dieser in direktem Zusammenhange stehenden Körperraumes angesehen werden (*Waldeyer*). Allerdings kann es vorkommen, dass epitheliale Zellen im Laufe der Heranbildung des Thierkörpers von Elementen parablastischer Herkunft völlig umwachsen und so von der Körperoberfläche abgedrängt werden. Als Beispiel können die Elementartheile der Krystalllinse, die sog. Linsenfasern, dienen. Aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen, und insbesondere wegen ihrer Abstammung aus dem Archiblast müssen auch die zelligen Bekleidungen der serösen Räume, sowie der centralen Räume des Gehirnes und des Rückenmarkes den Epithelien zugezählt werden.

Die *Form und Beschaffenheit* der Epithelialzellen, so mannigfach sie sich auch gestalten mögen, haben doch so viel Eigenartiges an sich, dass man in den meisten Fällen eine isolirte Epithelzelle sofort als solche zu erkennen vermag (Fig. 11). Sie stellen sich in der Regel als scharf umgrenzte, in ganz frischem Zustande äusserst durchsichtige, längere Zeit nach dem Absterben aber durch Gerinnungen innerhalb ihrer Substanz leicht getrübte Zellen dar, welche fast ausnahmslos einen deutlichen, entweder kugelrunden oder ellipsoiden oder auch mehr abgeplatteten Kern in sich schliessen. Sie besitzen zum Theile eine wirkliche Zellmembran, oder aber es hat die periphere Schichte ihres Zellkörpers eine festere, consistentere Beschaffenheit angenommen, wodurch ihre Form eine ziemlich ausgeprägte und constante wird.

Fig. 11.



Verschiedene Formen von Epithelzellen.
A. Kubische Epithelzellen aus der Hornhaut eines Kindes (theilweise mit zapfenartigen Fortsätzen).
B. Cylinderzellen aus dem Darmepithel des Frosches.
B'. Cylinderzelle aus der tiefsten Schichte des Hornhautepithels (an einem Ende gezähnelt).
C. Polygonale platte Zellen aus dem Hautepithel des Frosches.
D. Breite Platten aus dem Epithel der Mundhöhle des Menschen.
E. Riffzellen aus der Fersenhaut des Menschen.
(Sämmtlich in frischem Zustande mit Hartnack, System Nr. 9, Ocul. 2 gezeichnet.)

Verbindung und Anordnung. Die Epithelialzellen sind derart zu flachen, häutigen Lagen zusammengesetzt, dass man bei der ersten Beobachtung den Eindruck bekommt, als ob Zelle unmittelbar an Zelle aneinandergereiht wäre, indem ihre Flächen und Ränder sich gegenseitig berühren. Man hat indessen, wie später noch erörtert werden soll, durch gewisse Methoden nachweisen können, dass dies in der That nicht der Fall ist, sondern dass sie durch eine an sich formlose Substanz gewissermassen aneinandergekittet sind (*Kittsubstanz*). Auf die Gestaltung der Zelle selbst hat diese Kittsubstanz wegen ihrer geringen Menge übrigens keinen Einfluss, wohl aber auf die Festigkeit ihres Zusammenhanges. Die letztere ist in der That eine so bedeutende, dass es am frischen Gewebe selbst bei sorgfältigstem Zerzupfen nur schwer hält, einige Epithelzellen zu isoliren. Kürzere oder längere Zeit nach dem Tode, vielleicht in Folge von Veränderungen in der Kittsubstanz, welche ihre Klebekraft vermindern, wahrscheinlich aber

auch aus Ursache von geringen, mit postmortalen Gerinnungen in Zusammenhang stehenden Formveränderungen der Epithelialzellen selbst lockert sich ihr Zusammenhang, und sie fallen leichter auseinander. Es lässt sich übrigens ihre Isolirung befördern durch Einwirkung von Wasser, stark verdünnten Säuren, 10 % Kochsalzlösung, verdünntem Alkohol u. s. w., ohne dass bei den meisten von ihnen die äussere Form wesentlich beeinträchtigt würde. Auch eine kurze Einwirkung heissen Wasserdampfes führt sofort zur Ablösung der Epithelien. Diese verschiedenen Methoden sind denn auch nebst der Untersuchung mit indifferenten Flüssigkeiten der Reihe nach zum Studium der Epithelzellen zu verwenden.

Die Verbindung der Epithelzellen erfolgt in der Weise, dass sie sich gegenseitig glatte Flächen zuwenden, oder aber dass sie mit unebenen, gehöhlten, gezackten oder gerippten Oberflächen ineinandergreifen; dadurch schon sind gewisse Formverhältnisse derselben erklärbar. Dazu kommt noch, dass die Epithelialhäutchen an manchen Körperabschnitten nur durch eine einfache Lage von Zellen zusammengesetzt sind, an anderen Stellen aber aus mehrfach übereinandergeschichteten Zellenlagen bestehen. Auch dadurch wird die äusserliche Gestaltung der Epithelialzellen wesentlich mit bestimmt.

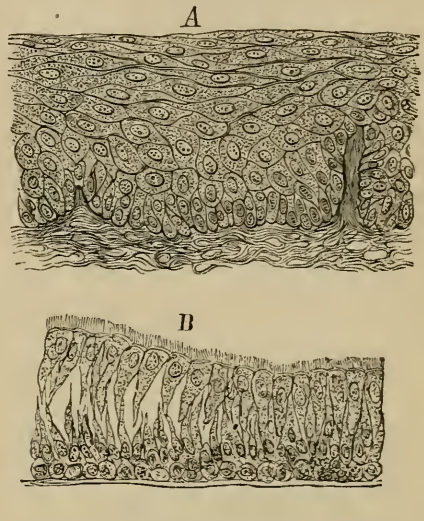
Form und Grösse. Alle einschichtigen Epithelien zeigen auf weite Strecken hin eine grosse Uebereinstimmung in der Form, Grösse und äusseren Beschaffenheit der sämmtlichen zu ihrer Bildung beitragenden Zellen. Sie sind theils cylindrisch oder kegelförmig und dann mit ihren Längenseiten einander zugekehrt, theils kubisch oder unregelmässig polyëdrisch oder abgeplattet, immer aber für bestimmte Körperstellen gleichartig geformt. An bestimmten Oertlichkeiten findet man constant Uebergänge der einen Form in die andere und zwar entweder ohne Vermittlung einer Zwischenform oder unter mehr allmäliger Aenderung ihrer äusseren Gestalt und Grösse. Selbst Uebergänge von einschichtigen in mehrschichtige Epithelien vollziehen sich mitunter in scharf begrenzten Linien, z. B. an der Einmündung der Speiseröhre in den Magen, am Anus u. a. O. —

Ungleich verschiedenartiger zeigt sich die Gestaltung der Zellen in den mehrschichtigen Epithelien. Hier finden sich an einer und derselben Stelle mitunter alle denkbaren Uebergangsformen von der langgestreckten Cylinder- oder Spindelzelle zu kugelähnlichen oder polyëdrischen Formen, bis zu dünnen Blättchen und Schüppchen; hier begegnet man auch den mannigfach gezackten, gehöhlten und gerippten Zellenformen. Man kann im Allgemeinen sagen: Je vielfacher die Schichtung einer Epithelart, desto vielgestaltiger sind ihre Zellen. Doch gibt es auch darin wieder eine gewisse Gesetzmässigkeit: insoferne als

die Zellen, welche einer bestimmten Schichte angehören, in einer und derselben Epithelart auch ähnliche Form, Grösse und Beschaffenheit zeigen; so sind an manchen Orten alle Zellen der oberflächlichsten Schichte platt, an anderen sämmtlich kegelförmig, die der tiefsten Lage aber hier ohne Ausnahme kugelähnlich, dort cylindrisch u. s. w.

Häufig sind auch die tiefer gelegenen Zellen durch eine stärkere Granulirung von den oberflächlichen, mehr homogen aussehenden Zellen ausgezeichnet. Die theilweise Unregelmässigkeit und die Mannigfaltigkeit der Formen in den mittleren Zellenlagen ist hauptsächlich darin begründet, dass die Lücken, welche durch das Aneinanderstossen verschiedenartig gekrümmter Zellenformen entstehen, durch entsprechende Fortsätze anderer Zellen ausgefüllt werden.

Fig. 12.



Zwei Querdurchschnitte durch geschichtete Epithelialhäute.
A. Geschichtetes Pflasterepithel aus der Speiseröhre der Katze.
B. Geschichtetes, flimmerndes Cylinderepithel aus dem Kehlkopf des Pferdes. Nach links hin sind durch Zufall die oberflächlichsten Zellen etwas abgehoben, so dass die Formen der tieferen Zellen deutlich erkannt werden können.
(Hartnack, System VIII. Ocul. 2.)

An dem Basalende gewisser cylindrischer Epithelzellen sind eigenthümliche, dünne, schüppchenartige Anhänge nachgewiesen worden, welche sich wie flügelartige Fortsätze derselben verhalten. (*Lott's* Fusszellen im Hornhautepithel.)

Als eine besondere Formation innerhalb der geschichteten Epithelien sind die *Stachel-* oder *Riffzellen* (Fig. 11 E) zu erwähnen. Sie sind dadurch ausgezeichnet, dass ihre Oberfläche an gewissen Stellen, z. B. an den Rändern, mit zahlreichen, feinen Zacken versehen ist, welche zum Theil als zarte Leistchen sich auch über die Flächen hinziehen. Man hatte nach dem Vorgange *M. Schultze's* gewöhnlich angenommen, dass benachbarte Zellen mit entsprechenden Erhabenheiten und Vertiefungen ineinandergreifen und so ein innigerer Zusammenhang zwischen ihnen hergestellt werde.

Nach neueren Beobachtungen (*Bizzozero* u. A.) stellt sich das Verhältniss anders dar. Es wurde nachgewiesen, dass die angrenzenden Zellen mit den Spitzen ihrer Stacheln und Riffe zusammenhängen, so dass zwischen denselben feinste anastomosirende Spältchen (*Intercellularlücken*) übrig bleiben, welche als intercelluläre Saftbahnen angesehen

werden. Die Stacheln selbst sind also wahre *Intercellularbrücken*. Sie finden sich am schönsten ausgeprägt in den mittleren Lagen vielschichtiger Epithelien (z. B. in der Oberhaut der Fusssohle), namentlich aber dann, wenn solche Epithelien in Folge von krankhaften Zuständen verdickt sind. In geringerem Grade der Ausbildung sind sie jedoch sehr verbreitet, so dass man sagen kann, dass sie fast in allen mehrschichtigen Epithelarten vertreten sind.

Manche Arten von Epithelialzellen sind noch besonders ausgezeichnet durch den Besatz von Flimmerhaaren (s. oben) oder aber von gewissen, ihren freien Oberflächen anhaftenden cuticularen Bildungen. (Basalsaum des Darmepithels.)

In Bezug auf die *Lebensgeschichte* der Epithelzellen muss vorerst daran festgehalten werden, dass sie nur aus Elementen archiblastischer Abkunft, und weiterhin immer wieder nur aus anderen Epithelzellen, und zwar durch indirekte Theilung hervorgehen können. Nicht nur dass die meisten neueren Beobachtungen über die Regeneration zu Grunde gegangener Epithelien dafür sprechen, auch während des normalen Ablaufes des Lebens lassen sich Theilungsvorgänge an einzelnen Zellen beobachten.

Die bereits fertig gebildeten Epithelzellen können sich weiters in verschiedener Weise verändern. Hierher gehört die Umwandlung mancher Cylinderzellen (des Darmes) in *Becherzellen*, indem durch Ansammlung von Schleim in ihrem Innern eine bauchige Vorbuchtung ihrer Seitenflächen entsteht. In anderer Weise nehmen die Zellen der geschichteten Pflasterepithelien, während sie in Folge der fortwährenden Regeneration des Epithels von unten her in immer höhere Schichten gelangen, eine veränderte Form und Beschaffenheit an.

Ein sehr verbreiteter Vorgang ist die *Verhornung* der Epithelzellen (Epidermis, Haare, Nägel); sie besteht in einer, mit grosser Wasserverarmung (Eintrocknung) einhergehenden chemischen Umwandlung der Zellsubstanz, wobei sich schliesslich ein eigenthümlicher, schwefelreicher Körper, das *Keratin,* in ihnen bildet. Als eine Vorstufe des letzteren ist wahrscheinlich eine in Gestalt von stark lichtbrechenden Körnchen auftretende Substanz, das *Keratohyalin,* anzusehen (vergl. unter Epidermis). Mit der Verhornung ist häufig der Verlust des Zellkernes und eine auffallende Festigung des gegenseitigen Zusammenhanges der einzelnen Zellen verbunden, welche sich mitunter bis zur völligen Verschmelzung derselben steigern kann. Durch Einwirkung kaustischer Alkalien können verhornte Zellen wieder zum Aufquellen gebracht werden.

Die Epithelzellen sind während des Lebens im Allgemeinen einem häufigen Wechsel unterworfen. Abgesehen von der sog. Häutung

und Mauserung gewisser Thiere ist dies besonders bemerkbar an der Abschuppung der äusseren Haut, an dem constanten, wenn auch meistentheils geringen Gehalt der Körperflüssigkeiten an Epithelzellen jener Oberfläche, mit welcher sie in Berührung gestanden sind. Bei katarrhalischen Zuständen der Schleimhäute, selbst des geringfügigsten Grades, wird die Abstossung der Epithelialzellen in hohem Grade gesteigert. Die Ergänzung derselben wird bei den geschichteten Epithelien durch die Zellen der tieferen Lagen, bei den einschichtigen (wenigstens zum Theile) durch die sog. *Ersatzzellen* besorgt. Es sind dies kleine, meist kugelige, oder mit einem oder dem anderen feinen Ausläufer versehene kernhaltige Zellen, welche zwischen den Basalenden der typischen Epithelzellen eingelagert sind.

Anhangsweise sei hier erwähnt, dass man gewisse, mit den peripheren Endigungen der Sinnesnerven im Zusammenhange stehende Formationen als *Nervenepithelien* zu bezeichnen pflegt. Die Elemente derselben sind theils wahre Zellen epithelialen Charakters, theils aber verschieden geformte und geartete Bildungen, welche, so wie sie sich zeigen, nicht ohne Weiteres als Zellen aufgefasst werden können. Für viele der letzteren hat indessen die Entwicklungsgeschichte gelehrt, dass sie in der That umgewandelte Epithelialzellen vorstellen, für andere wird dies bis auf Weiteres nur vermuthet. (Das Nähere darüber ist betreffenden Ortes einzusehen.)

b) **Die Drüsenzellen.** Ungeachtet ihrer nahen verwandtschaftlichen Beziehungen zu den Epithelialzellen beanspruchen die Drüsenzellen auf Grund ihrer morphologischen und funktionellen Bedeutung eine gesonderte Stellung. Sie bilden das wesentlichste Baumittel gewisser parenchymatöser Organe — der Drüsen — und werden als solche wohl auch *Parenchymzellen* (*Enchymzellen*) genannt. Ihre Aufgabe ist es, die Bereitung jener Körperflüssigkeiten zu vermitteln, welche wir unter dem Namen der Drüsensecrete kennen, und insbesondere müssen wir in ihnen den Entstehungsort jener eigenartigen Stoffe von complicirter chemischer Zusammensetzung suchen, welche die specifischen Eigenschaften der verschiedenen Secrete bedingen.

Die Drüsenzellen sind im Allgemeinen derart geordnet, dass sie die Wandungen mikroskopisch kleiner Hohlräume formen, in welche hinein sie ihre Produkte entleeren. Dieselben münden theils direkt an einer epithelhaltigen Körperfläche aus, theils aber vereinigen sie sich unter Vermittlung von mehr weniger complicirten Canalsystemen (Drüsengängen) untereinander und erhalten besondere mit Schleimhaut versehene Ausführungsgänge. So kommt es, dass an vielen Stellen eine unmittelbare Berührung der Drüsenzellen mit den Epithelialzellen stattfindet, ja es hält häufig schwer, zwischen beiden eine genaue Grenze zu ziehen. Diese Continuität der Aneinanderreihung beider Zellenarten ist darin begründet, dass die Drüsenzellen sich von vorn-

herein entweder in den Epithelien selbst entwickeln, oder durch Wucherungsprozesse aus denselben entstehen; in weiterer Folge halten sie allerdings einen besonderen Entwicklungsgang ein.

Gleichwie schon oben die Abschnürung gewisser epithelialer Zellengruppen erwähnt worden ist, so muss auch hier das ausnahmsweise Vorkommniss constatirt werden, dass einzelne Drüsenformationen aus vollkommen abgeschlossenen Hohlräumen bestehen (Schilddrüse). Wir wissen jedoch, dass sie in ihrer ersten Anlage aus den epithelialen Deckgebilden hervorgegangen sind.

Auch die Art der Anordnung der Drüsenzellen zeigt in den meisten Fällen eine grosse Aehnlichkeit mit der der Epithelialzellen, indem sie in der Weise wie bei den einschichtigen Epithelien aneinandergefügt sind.

Von den Eigenthümlichkeiten, welche an den Drüsenzellen wahrgenommen werden, möge folgendes hier angeführt werden.

Fig. 13.

Verschiedene Formen von Drüsenzellen (in Müller'scher Flüssigkeit isolirt).
A. Aus einer Brunner'schen Drüse.
B. Aus einer Lieberkühn'schen Drüse des Dünndarmes.
C. Aus der Submaxillardrüse.
D. Aus der Leber.
Sämmtlich aus einer frischen menschlichen Leiche.
(Hartnack, System IX. Ocul. 2.)

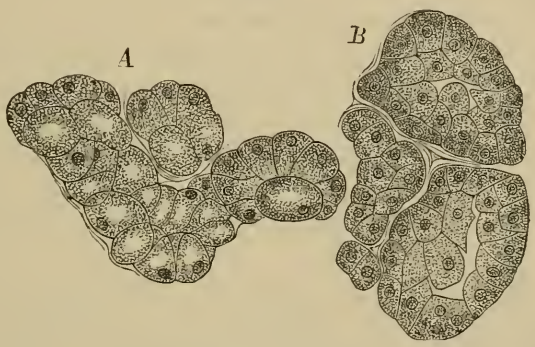
Was zunächst ihre *Form* anbelangt, so sind sie in den meisten Fällen cylinderähnlich, abgestutzten Kegeln oder Pyramiden vergleichbar; auch unregelmässig polyëdrische, seltener rein kubische und abgeplattete Zellen finden sich vor. Eine verbreitete Erscheinung an den cylinder- oder kegelförmigen Drüsenzellen sind dünne schüppchenartige von der Basis der Zelle nach einer Seite zu in stumpfen oder rechten Winkeln abgebogene Anhänge, welche sich unter die nächstliegende Zelle hineinschieben. Von der Seite her gesehen, gewähren solche Zellen das Ansehen, als ob sie an ihrem unteren Ende einen schnabelförmigen Fortsatz besässen (Fig. 13 A und B). Sie sind zuerst von *G. Schwalbe* an den *Brunner*'schen Drüsen, seither aber auch an vielen anderen beschrieben worden.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Form und äussere Erscheinung der Drüsenzellen übt der *Funktionszustand,* in welchem sich die Drüse zur Zeit des Todes befunden hatte. *R. Heidenhain* hat zuerst auf diese wichtige Thatsache aufmerksam gemacht. Man beobachtet an der Unterkieferspeicheldrüse des Hundes, wenn das Thier längere Zeit vor dem Absterben gehungert, also die Drüse gewissermassen im Zustande der Ruhe sich befunden hatte, dass dann die meisten Drüsenzellen eine rundliche, ausgebauchte Oberfläche, einen blassen, fast homogenen Inhalt zeigen und sich durch Carmin nur wenig färben.

Ihre Kerne sind grundständig, abgeflacht und färben sich mit Carmin tiefroth. Drüsenzellen von dieser Beschaffenheit werden gewöhnlich als *Schleimzellen* bezeichnet.

Hatte man dagegen vor dem Tode durch anhaltende, direkte Nervenreizung während mehrerer Stunden eine intensive Absonderung von Seite der Drüse hervorgerufen, so findet man alle Drüsenzellen kleiner, stark abgeplattet, deutlich granulirt; sie lassen sich dann durch Carmin ohne Ausnahme blassroth färben. Auch der Zellkern verhält sich verschieden, indem er annähernd die Mitte der Zelle einnimmt, kugelig erscheint und durch Carmin nur sehr wenig gefärbt wird. Der Grund dieses auffallenden Verhaltens ist darin zu suchen, dass die ausgeruhte Drüsenzelle neben dem Protoplasma eine grössere Menge von Schleim (schleimbildender Substanz) enthält, durch welche

Fig. 14.



Acini aus der Submaxillaris des Hundes. (Nach *Heidenhain.*)
A. Von einer ausgeruhten Drüse.
B. Von einer gereizten Drüse.

das erstere gewissermassen auseinander gedrängt wird, während im zweiten Falle der schleimige Inhalt aufgebraucht und ausgestossen worden ist, der Zellkörper vorwiegend nur aus Protoplasma besteht.

Auch in Betreff der Drüsenzellen des Pankreas verdanken wir *Heidenhain* nach dieser Richtung interessante Aufschlüsse. Er unterscheidet an ihnen zwei Zonen, deren innere — dem Drüsenlumen zugewendete — durch die Einlagerung zahlreicher dunkler Körnchen ausgezeichnet ist, während die äussere — peripherische — gewöhnlich ganz homogen, hell und durchscheinend ist, mitunter aber eine sehr feine radiäre Streifung erkennen lässt; an der Grenze beider liegt der Kern. Mit Rücksicht auf den Funktionszustand ergaben sich nun *Heidenhain* constante Veränderungen an diesen Zellen. Während im Hungerzustande die körnige Innenzone den grösseren, die Aussenzone den kleineren Theil der Zelle einnimmt, verkleinert sich mit Beginn der Verdauung — während die Secretion am stärksten ist — die

Innenzone sehr bedeutend, so dass nur ein kleiner Rest derselben übrig bleibt, ja sie kann selbst völlig verschwinden. Zugleich verbreitert sich die Aussenzone so weit, bis sie den grössten Theil oder auch die ganze Zelle einnimmt. Dabei wird die Zelle als Ganzes kleiner, der Kern, der im Hungerzustande häufig oval, eckig, unregelmässig erscheint, ist stets rein kugelig, mit sehr deutlichem Kernkörperchen versehen. In der späteren Zeit der Verdauung, wenn die Secretion schon sehr verringert ist, oder ganz stille steht, vergrössert sich wieder die Innenzone auf Kosten der Aussenzone, welche letztere allmälig auf ein Minimum reducirt wird; die ganze Zelle nimmt an Masse zu. Hungert das Thier wieder, so erfolgt eine geringe Zunahme der Aussenzone und eine entsprechende Verkleinerung der Innenzone. Ganz analoge Veränderungen der Drüsenzellen während der Secretion haben weiterhin *Lavdowsky* an den Schleimdrüsen der Mundhöhlenschleimhaut, *Biedermann* an den Zungenschleimdrüsen lebender Frösche und *Langley* an den Hauptzellen der Labdrüsen beobachtet. Es entspricht somit dem Absonderungszustande der Drüsen ein rascher Stoffverbrauch in dem centralen Theile der Zelle, und ein entsprechender Stoffansatz an deren Peripherie; die Körnchen der Innenzone liefern unmittelbar das Materiale für das Drüsensecret. Während des Ruhezustandes der Drüse wird dieses Materiale auf Kosten der Aussenzone wieder aufgespeichert.

In Bezug auf die *Lebensdauer* der Drüsenzellen ist vielfach die Ansicht verbreitet, — auch *Heidenhain* hat sich für die Zellen der schleimbereitenden Drüsen dahin ausgesprochen — dass während des activen Funktionszustandes der Drüsen und aus Anlass desselben stets eine grosse Anzahl ihrer Zellen zu Grunde gehe und durch neue ersetzt werde, dass also die Existenz der Drüsenzellen nur von sehr kurzer Dauer wäre. Insbesondere wurde dies früher von jenen Drüsenzellen behauptet, welche ein fetthaltiges Secret liefern (Milchdrüse, Talgdrüsen), und man hielt geradezu den Secretionsprozess für identisch mit einer sog. fettigen Degeneration und völligem Zerfall der Drüsenzellen. Da man überdies glaubte, die Wandungen solcher Drüsenräume seien aus übereinander geschichteten Drüsenzellen geformt, so hielt man die tieferen Lagen derselben zur fortwährenden Zellenneubildung bestimmt. Einerseits hat sich indessen herausgestellt, dass viele Drüsen nur eine einschichtige Zellenlage besitzen, und andererseits scheint es sehr wahrscheinlich, dass die allermeisten Drüsenzellen die in ihnen gebildeten Secretbestandtheile ausstossen können, ohne dabei ihre Existenz einzubüssen, wie z. B. durch *Stricker* bezüglich der in den Colostrumzellen der Milch enthaltenen Fetttröpfchen erwiesen worden ist. In neuerer Zeit hat *Stöhr* die Persistenz der Schleimdrüsen-

zellen sowie der Magenepithelzellen während der Schleimbereitung entschieden behauptet. Auch *Biedermann* konnte bei seinen Untersuchungen an lebenden Objekten keine Anhaltspunkte für eine mit dem Secretionszustande verknüpfte Abstossung der Schleimdrüsenzellen gewinnen. Damit ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Drüsenzellen während des normalen Ablaufes des Lebens einem stetigen, von dem Funktionszustande bis zu einem gewissen Grade unabhängigen Wechsel unterliegen. Dass ein solcher in der That vorkommt, d. h. dass immerfort einzelne der die Drüsenwandung bildenden Zellen zu Grunde gehen und durch neue ersetzt werden, und dass so eine allmälige physiologische Regeneration der Drüsenwandungen stattfindet, hat sich beispielsweise aus meinen Untersuchungen über die Labdrüsen mit grosser Wahrscheinlichkeit ergeben.

4) Die Bindesubstanzzellen *).

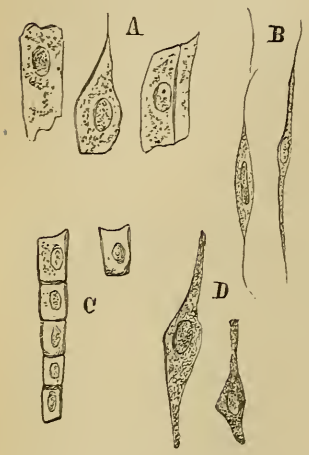
Der Charakter einer Bindesubstanzzelle ist gegeben durch ihren Fundort, durch ihre physiologischen und morphologischen Beziehungen zu den verschiedenen Formationen der Bindesubstanzgewebe und endlich durch ihre Abstammung aus parablastischer Anlage.

In allen jenen Gewebsformen, welche zu der grossen Gruppe der Bindesubstanzgewebe gezählt werden, finden sich, als wesentlich zu deren Aufbau gehörig, Zellen von höchst verschiedener Zahl und Beschaffenheit. Sie erscheinen in der Regel nicht so nahe aneinander gelagert, dass sie für sich allein ausgebreitete Membranen (einer Ausnahme hiervon soll später gedacht werden), oder grössere Anhäufungen überhaupt darstellen, sondern sie sind meist durch dazwischen gelagerte Intercellularsubstanzen in grösserer oder geringerer Entfernung voneinander gehalten. Ja sie treten gewöhnlich an Masse so sehr gegen die Intercellularsubstanz zurück, dass man sagen muss, der morphologische Charakter des Gewebes werde viel mehr durch diese als durch die Zellen bedingt. Wie man sieht, ist schon hierdurch ein durchgreifender Unterschied gegenüber den Epithel- und Drüsenzellen gegeben, von welchen allein die Gestaltung der Gewebsformationen, denen sie angehören, abhängt. Die Lagerungsstätten der Bindesubstanzzellen sind also theils Räume, welche zwischen den discreten Formelementen der Zwischensubstanzen übrig bleiben, oder Lücken, welche in einer mehr oder weniger homogenen Grundsubstanz sich befinden.

*) Die Ausdrücke „Bindegewebs-Knochen-Knorpel-*Körperchen*“, welche als Synonyma für die Arten der Bindesubstanzzellen aus früherer Zeit her noch vielfach im Gebrauch stehen, sollen mit Absicht vermieden werden, da die zellige Natur der hier abzuhandelnden Gebilde ausser Zweifel steht, und nach unseren jetzigen Kenntnissen sich die beiden Begriffe wesentlich zu einander verschoben haben.

Ueber das nähere Verhältniss der Bindesubstanzzellen zu der Zwischensubstanz kann als unumstösslich sicher nur das hingestellt werden, dass die Zwischensubstanz in irgend einer Weise durch Vermittlung der Zellen gebildet wird. Sehr wahrscheinlich ist es auch, dass das Wachsthum und die weiteren Veränderungen der Zwischensubstanz unter dem vorwiegenden Einflusse der Zellen vor sich gehen, und dass die fortdauernde Ernährung und Erhaltung des Gewebes als solchen unter Vermittlung der Zellen erfolgen dürfte. Es steht nemlich fest, dass in gewissen Entwicklungsperioden dort, wo später ein Bindesubstanzgewebe liegt, nur allein zellige Elemente sich vorfinden, und dass im Laufe der Entwicklung die Intercellularsubstanz sich aus oder zwischen diesen nach und nach differenzirt, während dessen die Zellen weiter auseinander rücken. Die Entstehung eines Bindesubstanzgewebes ohne Betheiligung von Zellen ist nirgends beobachtet worden.

Fig. 15.



Verschiedene Zellenformen aus fibrillärem Bindegewebe.

A. Platte Zellen aus dem intermuskulären Bindegewebe eines jungen Hundes.

B. Spindelförmige Zellen aus dem subcutanen Bindegewebe eines Kaninchen-Embryo.

C. Platte Zellen aus einer Sehne des Schwanzes von einer jungen Maus (nach *Ranvier's* Methode dargestellt).

D. Stark granulirte Zellen aus dem intermuskulären Bindegewebe des Frosches.

(Hartnack, Immers. Syst. X. Oc. 2.)

Die nutritive Bedeutung der Zellen für die Bindesubstanzgewebe geht wohl am besten daraus hervor, dass der Bestand derselben thatsächlich an die unveränderte Erhaltung ihrer zelligen Elemente geknüpft ist, und dass krankhafte Veränderungen in ihnen stets durch gewisse Veränderungen der Zellen eingeleitet werden.

Was die *Form und Beschaffenheit* der Bindesubstanzzellen anbelangt, so sind sie, wie die Gewebe selbst, denen sie angehören, äusserst mannigfaltig. Während man bis vor noch nicht gar langer Zeit die Spindel- oder Sternform als eine der verbreitetsten angesehen hatte, ist man in Folge zahlreicher neuerer Untersuchungen und mit Hülfe einer verbesserten Methodik zur Kenntniss gelangt, dass die genannten Zellenformen zwar einzelnen Arten der Bindesubstanzen zukommen, dass aber namentlich für den erwachsenen Thierkörper gewisse platte Zellenformen eine hervorragende Stelle einnehmen. (Im fibrillären Bindegewebe, Fig. 15. A und B.) Es stellen dieselben, wie wir seit *Ranvier's* Mittheilungen wissen, zarte, fast homogene, durchsichtige Schüppchen der verschiedensten Gestalt dar, an denen man nur in der nächsten Umgebung des meist ellipsoidischen Kernes eine geringe Menge protoplasmatischer Substanz wahrnehmen kann. Diese Schüppchen sind theils einfach, ganz flach und

eben, oder leicht eingebogen, theils aber auch, wie besonders durch *Waldeyer* hervorgehoben worden ist, zusammengesetzt, indem gewissermassen mehrere Schüppchen derart an einer Kante verklebt sind, dass sie zu einander Flächenwinkel darstellen. Ausserdem aber gibt es kugelförmige, ellipsoide, zum Theil in verschiedener Weise abgeflachte Bindesubstanzen (im Knorpel) oder linsenförmige, mit grösseren oder kleineren Zacken und Ausläufern versehene Formen (im Knochen), ferner spindelförmige Zellen, welche an ihren beiden Enden in lange, mitunter gabelig gespaltene Fortsätze auslaufen (im fibrillären Bindegewebe von älteren Embryonen und jugendlichen Individuen), endlich vielfach verästigte Zellen, bei denen der grösste Theil des Zellkörpers in der Bildung von verzweigten Fortsätzen aufgegangen ist. Im letzteren Falle stehen die Zellen mittelst ihrer Ausläufer untereinander in Zusammenhang, und formen ein feines Netzwerk, in dessen Knotenpunkten die Zellkerne gelegen sind (reticuläres Bindegewebe). Es übernehmen dann die Bindesubstanzzellen selbst jene mechanische Aufgabe des „Stützens oder Bindens", welche sonst vorzüglich nur der Intercellularsubstanz zukommt, indem in den Maschenräumen des Reticulum andere Formelemente eingefügt sind, welche durch dasselbe zusammengehalten werden.

Bezüglich der *Lebenseigenschaften* der Bindesubstanzzellen ist zu bemerken, dass man ihnen für gewöhnlich, theils wegen ihrer äusseren Beschaffenheit, theils wegen ihrer nicht sehr nahen Beziehungen zu dem Blutgefässsysteme, kaum einen sehr lebhaften Stoffwechsel zuschreiben kann. Unter gewissen Umständen können sie jedoch Fett erzeugen und in kleineren oder grösseren Tropfen in ihrem Innern ansammeln. Sie erlangen dann, wenn ihr Fettgehalt bedeutend ist, eine mehr oder weniger ausgesprochen kugelige Gestalt und werden in diesem Falle als *Fettzellen* bezeichnet. Auch körniger Farbstoff kann sich in ihnen aufspeichern, welcher in den meisten Fällen aus Melanin besteht. Solche pigmentführende Zellen kommen beim Menschen fast allein in gewissen Bezirken des Auges vor, sind aber bei den niederen Wirbelthieren eine sehr verbreitete Erscheinung.

Einer Abart der Bindesubstanzzellen muss hier noch gedacht werden, welche in morphologischer Beziehung gewissen Epithelialzellen ähnlich, durch lange Zeit zu den letzteren gezählt wurden, bis es den schönen Untersuchungen von *His* gelungen ist, ihren wahren Charakter aufzudecken. Es sind dies die *Endothelzellen**). Alle jene Räume und

*) Da man die Zellenhäutchen, welche die Oberflächen der nach aussen offenen Körperhöhlen bekleiden, als Epithelien bezeichnet, so wurde daraus für die zelligen Auskleidungen der Binnenhöhlen der Name Endothelium (obwohl etymologisch ganz ungerechtfertigt) abgeleitet.

Höhlen des Körpers, welche vollkommen in sich abgeschlossen, auch in der embryonalen Anlage niemals in Communication mit der äusseren Umgebung des Individuums gewesen, sondern innerhalb einer parablastischen Anlage entstanden sind, besitzen eine dünne membranöse Auskleidung, welche durch die Endothelzellen geformt wird. Diese Räume werden von *His* im Gegensatze zu den mit der Körperoberfläche in Zusammenhang stehenden als Binnenhöhlen des Körpers bezeichnet. Es gehören hierher: die sämmtlichen Gelenkshöhlen, Sehnenscheiden und Schleimbeutel, die Umhüllungsräume des Centralnervensystems, und endlich die gesammten Bahnen des Blut- und Lymphgefässsystems.

Die Endothelzellen, aus dem Parablast abstammend, sind ausnahmslos platte, schüppchenartige, helle und durchsichtige, fast homogene Zellen, von theils spindelförmiger, theils unregelmässig polygonaler oder auch verschieden ausgebuchteter Gestaltung; sie führen meist einen platten, ellipsoidischen Kern, welcher ungefähr in der Mitte der Zelle gelagert und mit seiner längeren Axe der Längsrichtung der Zelle parallel gestellt ist. Indem die Endothelzellen mit ihren häufig leicht gezähnelten Rändern unter Vermittlung einer geringen Menge von Kittsubstanz aneinander haften, bilden sie eine continuirliche hautartige Bekleidung der genannten Binnenräume.

5) Die Fettgewebszellen.

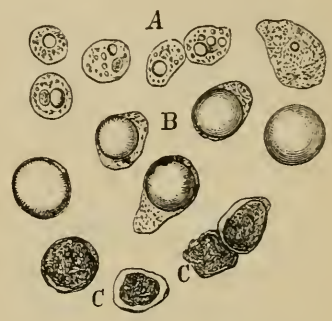
Sie sind charakterisirt durch ihren Fundort und durch ihre hervorragende Bedeutung für die Bereitung, Aufspeicherung und Verarbeitung des Körperfettes, wodurch sie zu wichtigen Regulatoren des thierischen Gesammtstoffwechsels werden.

An ganz genau bestimmten Stellen des Körpers und in ganz gesetzmässiger Ausbreitung findet sich bei allen Wirbelthieren ein Gewebe, welches an geformten Baumitteln nur zellige Elemente neben Blutgefässen, Lymphgefässen und Nerven enthält — das *Fettgewebe*. Da die in ihm enthaltenen Zellen meistentheils mehr oder weniger Fett enthalten, sind sie schon seit längerer Zeit als Fettzellen bekannt und beschrieben. Es ist jedoch schon oben der Fähigkeit des Zellprotoplasmas, unter geeigneten Umständen Fett zu bilden, als einer ganz allgemeinen Eigenschaft desselben gedacht worden; und in der That gibt es kaum eine Zellenart im Thierkörper, welche wir nicht unter gewissen Verhältnissen mit Fett beladen finden könnten. Da nun alle, wie immer gearteten Zellen, wenn die Menge des Fettes in ihnen bis zu einem gewissen Grade zugenommen hat, in ihrer äusseren Erscheinung den Zellen des Fettgewebes gleichen, also Fettzellen genannt werden können, so ergibt sich die Nothwendigkeit, speciell die zum

Fettgewebe gehörigen durch den Namen der *Fettgewebszellen* von allen anderen Fettzellen zu unterscheiden.

Es kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass die Fettgewebszellen aus parablastischer Anlage abstammen und aus diesem Grunde mit den Bindesubstanzzellen genetisch verwandt sind; aber so wie die allermeisten Zellenarten, nachdem sie sich einmal differenzirt haben, specifischen Gewebsformen angehören und während der ganzen Dauer ihrer Existenz diese Specificität bewahren, so ist es auch mit der Fettgewebszelle der Fall. Die Bindesubstanzzelle, die Leberzelle, die Ganglienzelle bleibt eine solche, wenn sie auch sehr viel Fett in sich enthalten mag; sie behält ihre Beziehung zu dem Muttergewebe bei, sie kann ihr Fett wieder abgeben und zu ihrer früheren Formbeschaffenheit zurückkehren. Ebenso die Fettgewebszelle. In welchem Zustande wir sie immer treffen, ob sie nun von Fett vollgepfropft ist, oder aber keine Spur desselben enthält, immer gehört sie dem Fettgewebe an.

Fig. 16.



Formen von Fettgewebszellen.

A. Von einem äusserst abgemagerten alten Mann aus der Achselhöhle.

B. Von einem wenig abgemagerten Individuum (beide frisch mit Kochsalzlösung präparirt).

C. Durch Härtung in Alkohol veränderte Fettgewebszellen eines wohlgenährten Individuums.

(Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 2.)

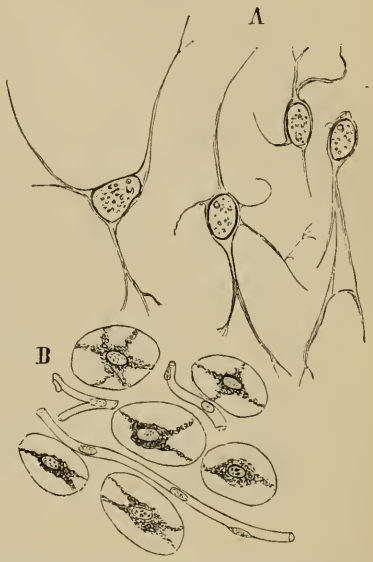
Die Fettgewebszellen sind sowohl bei ihrer ersten Anlage im Embryo, als auch bei ihrer Neubildung im erwachsenen Thierkörper kugelige oder wenig abgeplattete, kernhaltige Zellen, welche sich manchmal nur durch ihre etwas bedeutendere Grösse und durch die deutlichere Granulirung ihres Zellkörpers von lymphoiden Zellen unterscheiden. Ebenso wie diese entbehren sie einer Zellmembran. In diesem monoplasmatischen Zustande sind die Fettgewebszellen jedoch relativ selten zu beobachten, weil sie bald nach ihrer Entstehung schon ihre Thätigkeit als Fettbildner beginnen. Man findet daher in ihnen das Fett in einem oder mehreren, grösseren oder kleineren Tröpfchen angesammelt — meist ist ein grosser Tropfen vorhanden, um welchen sich verschiedene kleinste Tröpfchen herum gruppiren. Je mehr das Fett in der Zelle zugenommen hat, desto mehr vergrössert sie sich und desto mehr tritt der protoplasmatische Antheil des Zellkörpers in den Hintergrund. Derselbe ist sammt dem nun meist stark abgeplatteten Kern an die Peripherie der Zelle gerückt. In solchen Fällen zeigt sich an den isolirten Zellen um den dunkeln Contour des Fetttropfens ein feiner blasser Saum, welcher mitunter an einer Stelle etwas verdickt erscheint. Diese Verdickung

schliesst den Kern in sich und kann natürlich nur dann gesehen werden, wenn die Zelle so gelagert ist, dass der Kern nahe ihrem grössten Horizontalumfang zu stehen kommt. Nimmt das Fett in der Zelle noch mehr zu, so wird der protoplasmatische Saum so dünn, dass er nur undeutlich oder in den meisten Fällen auch gar nicht mehr gesehen werden kann. In diesem Zustande befinden sich die meisten Fettgewebszellen aus normal genährten Individuen. Sie sind dann von sehr verschiedener Grösse, so dass ihr Durchmesser beim Menschen normaler Weise zwischen 45—120 μ schwanken kann. Besteht die Fettgewebszelle durch einige Zeit im fetterfüllten Zustande, so entwickelt sich, wahrscheinlich durch Verdichtung des Zellprotoplasmas, eine Art von Zellmembran. Dieselbe lässt sich leicht dadurch nachweisen, dass man ein Klümpchen Fettgewebe frisch zerzupft und dann während der Beobachtung isolirter Zellen einen entsprechenden Druck auf das Deckgläschen ausübt, wodurch die Zelle zum Platzen gebracht wird, das Fett ausfliesst und die Membran im gefalteten Zustande zurückbleibt. Der Kern ist so stark abgeplattet, dass er nur sehr schwer nachgewiesen werden kann.

Untersucht man Fettgewebe aus schlecht genährten Individuen, so findet man an den meisten Zellen wieder den blassen Saum des Protoplasmas und ab und zu auch solche Zellen, deren Fettgehalt auf einzelne, kleine Tröpfchen herabgesunken ist. Die Form der ganzen Zelle erscheint dann gewöhnlich nicht mehr kugelrund, sondern abgeplattet (Fig. 16 A), das Zellprotoplasma sehr blass, die in ihm eingelagerten Körnchen, weit voneinander abstehend, so als ob das Protoplasma durch eine hyaline Flüssigkeit verdünnt wäre; solche Zellen sind schon seit längerer Zeit unter dem Namen *seröser* Fettzellen bekannt. Es ist aber in der That nicht Serum, sondern eine schleimhaltige Flüssigkeit, welche sich dem Protoplasma beigemengt hat. Dafür spricht einerseits die starke körnige Trübung und Schrumpfung dieser Zellen nach Zusatz von verdünnter Essigsäure, andererseits aber das starke Aufquellen und die zäh schleimige Beschaffenheit solchen Fettgewebes nach längerem Verweilen in destillirtem Wasser. Je mehr das Individuum, dessen Fettgewebe man untersucht, abgemagert war, desto geringer ist der Fettgehalt seiner Zellen; jedoch nimmt dieser durchaus nicht in allen Theilen des Körpers, ja nicht einmal in allen Zellen eines Fettgewebsläppchens in gleichem Masse ab. Bei sehr marastischen Individuen findet man eine grosse Anzahl von Fettgewebszellen vollkommen fettleer, manche nur mit einzelnen gelblichen Krümelchen, andere mit grösseren oder kleineren Fetttropfen besetzt. Das Protoplasma hat sich häufig zu sternförmigen Figuren geformt, in deren Mitte der Kern liegt (Fig. 17 A). Dieser Umstand mag wohl zu einer Zeit, als man noch die Zellen des Bindegewebes für sternförmig hielt,

Veranlassung gegeben haben, solche Zellen als Bindesubstanzzellen aufzufassen. Den besten Beweis gegen diese Auffassung kann man dadurch liefern, dass man Fettgewebe aus höchst abgemagerten Leichen in Alkohol erhärtet und dann feine Durchschnitte anfertigt. Die beistehende Abbildung (Fig. 17 B) zeigt derartige Fettgewebszellen; man kann ganz deutlich noch die Hülle derselben erkennen, in deren Innern die eigentliche Zellsubstanz einen unregelmässig strahligen Körper formt. Dass man es nicht mit Bindegewebszellen zu thun hat, beweist, dass man auf solchen Durchschnitten im ganzen Bereiche eines Fettgewebsläppchens keine Spur einer Bindegewebsfibrille, wohl aber das dem Fettgewebe eigenthümliche Blutgefäss-Capillarnetz deutlich erkennen kann.

Fig. 17.



Fettgewebszellen von einem aussergewöhnlich stark abgemagerten 21jährigen Mann aus der Achselhöhle.

A. Frisch mit Jodserum zerzupft. (Hartnack, Immers. Syst. X. Ocul. 2.)

B. Aus einem Durchschnitt des in Alkohol erhärteten Gewebes mit Glycerin präparirt. (Hartnack, Syst. IX. Ocul. 2.)

Die Fettgewebszelle erhält auch bei höchster Abmagerung der Individuen ihre volle Lebensfähigkeit, d. h. ihr Protoplasma hat noch, wie ich nachgewiesen habe, seine vitale Contractilität bewahrt und kann bei Eintritt günstigerer Ernährungs-Verhältnisse neuerdings Fett bilden. Sehr interessant und beachtenswerth ist die durch *Flemming* zuerst beschriebene Thatsache, dass in stark abgemagertem Fettgewebe häufig Zellen vorkommen, welche eine Proliferation ihrer Kerne zeigen, ja selbst eine ganze Brut junger Zellen in sich schliessen. *Flemming* hat für diese, mit endogener Zellenneubildung einhergehende Abmagerung des Fettgewebes den Namen „Wucher-Atrophie", im Gegensatze zu der einfachen „serösen" Atrophie, gewählt. Einen ganz analogen Vorgang hatte schon früher *Czajewicz* bei der Entzündung des Fettgewebes beobachtet.

Diese nur in ihren auffälligsten Stadien hier geschilderten morphologischen Wandlungen der Fettgewebszellen sind conform ihrer physiologischen Funktion. Die Fettgewebszelle ist vermöge der reichen Ausbildung des Blutgefäss-Systems innerhalb der Fettgewebsläppchen zu einem sehr ausgiebigen Stoffwechsel befähigt, welchen sie in bestimmten chemischen Umwandlungen der Nahrungsstoffe bethätiget, so lange ihr solche in hinreichender Menge zugeführt werden. Eines dieser Umwandlungsprodukte ist das Körperfett, welches, in Folge seines physikalischen Verhaltens gegen die wasserreiche Zellsubstanz zu Tropfen geballt, in derselben ange-

sammelt bleibt. Dieses Fett kann aber innerhalb der Zelle wieder zerlegt werden, wobei diffusible Stoffe entstehen, welche aus der Zelle austreten und in die Lymphe oder in das Blut aufgenommen werden können. Dieser letztere Vorgang, uns besonders in die Augen fallend während der Abmagerung des Individuums (wobei nur unzureichende Mengen von Nährstoffen in dem Blute circuliren), geht jedoch höchst wahrscheinlich auch bei gutem Ernährungszustande unaufhörlich vor sich, so dass wir uns nicht vorstellen müssen, dass dasselbe Fett in der Fettgewebszelle durch Jahre hin angesammelt bleibe; es findet vielmehr höchst wahrscheinlich eine fortwährende Zersetzung und Neubildung desselben statt. Es erlangt so die Fettgewebszelle die Bedeutung eines höchst wichtigen Regulators des thierischen Gesammtstoffwechsels.

Dass die Bildung von Fett innerhalb der Zelle durch Zerlegung gewisser Nährstoffe (wahrscheinlich der Eiweisskörper) geschieht, findet seine Begründung noch darin, dass gleichzeitig mit ihm eine geringe, bei verschiedenen Thieren wechselnde Menge von Farbstoff entsteht, welcher in dem Fett gelöst, im Wasser aber unlöslich ist, und dem Fette die eigenthümliche gelbliche Farbe verleiht. Schwindet das Fett aus der Zelle, so bleibt der Farbstoff in Form einer krümeligen Masse zurück, welche, wenn sich wieder Fett bildet, neuerdings gelöst werden kann. In dieser Thatsache liegt zugleich ein sprechender Beleg dafür, dass das Fett nicht als solches die Zelle verlässt, sondern in ihr zerlegt wird, da sonst der Farbstoff gleichzeitig aus der Zelle verschwinden müsste. Wenn wir noch weiters berücksichtigen, dass bei höchstgradiger Abmagerung des Organismus in der Fettgewebszelle Schleim sich entwickelt, so haben wir in ihr eines der lehrreichsten Objekte in Bezug auf den Stoffwechsel der Zelle vor uns.

Als eine nicht selten vorkommende Erscheinung möge noch erwähnt werden, dass man in den aus der Leiche entnommenen Fettgewebszellen mitunter Krystallnadeln findet, welche sich aus dem Fette abgeschieden haben. Man hält sie für Margarin-Krystalle. Noch häufiger ist dies der Fall, wenn Fettgewebe durch einige Zeit in Alkohol gelegen hatte. Dabei nimmt das Fett eine eigenthümlich krümelige Beschaffenheit an (Fig. 16 C).

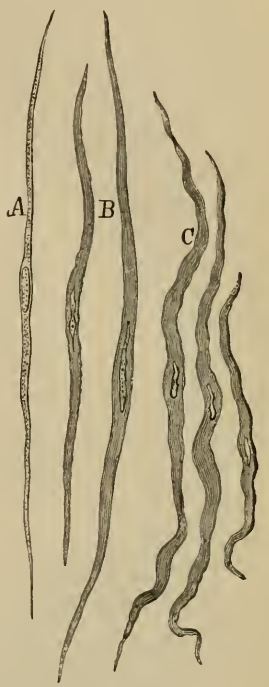
6) Die Muskelfasern.

Die Muskelfasern müssen, obwohl ihre äussere Beschaffenheit zum Theile sehr weit von dem gewöhnlichen Zellentypus abweicht, nichtsdestoweniger den Zellen zugerechnet werden. Sie sind charakterisirt durch eine stark in die Länge gestreckte Form und durch die Fähigkeit ihrer Substanz, auf gewisse Anregungen hin sich derart activ zu contrahiren, dass eine bedeutende Verkürzung des Gebildes in seiner Längenrichtung und eine entsprechende Vergrösserung seiner Dickendimensionen, ohne wesentliche Veränderung der Gesammtgestalt, erfolgt. Die Muskelfasern treten in zwei verschiedenen Formen auf, welche nicht nur morphologisch, sondern auch in der Art ihrer Lebensäusserungen so bedeutend voneinander abweichen, dass man sie in zwei Gruppen abzutheilen pflegt, von denen man die eine schlechtweg als *glatte*, die andere als *quergestreifte* Fasern bezeichnet.

a) **Die glatten Muskelfasern** (muskulöse Faserzellen, *Kölliker*) sind verschieden lange, spindelförmige, an beiden Enden in Spitzen

zulaufende Gebilde (Fig. 18) von fast homogenem Aussehen. Sie sind keineswegs drehrund, sondern nach einer Seite abgeplattet, wesshalb ihr Querdurchschnitt nicht kreisförmig, sondern als eine ziemlich gestreckte Ellipse erscheint. Ihre Ränder sind glatt und eben, so lange sie nicht durch die Einwirkung von Reagentien verändert sind. Dies geschieht indessen durch die meisten jener Methoden, welche wir zu ihrer Isolirung anzuwenden pflegen. Wenngleich der Leib der glatten Muskelfasern bei unseren gewöhnlichen Untersuchungsmethoden ein ganz homogenes Aussehen zeigt, ist doch durch Zuhülfenahme gewisser Reagentien (Kochsalzlösung 10%) ein deutlich faseriger Bau derselben nachgewiesen worden (*Engelmann, Kölliker*), so dass man sich ihre Substanz aus feinen, parallel laufenden Fäserchen oder Fibrillen zusammengesetzt denken kann. Dem entsprechend erweisen sich die glatten Muskelfasern bei der Untersuchung im polarisirten Licht als positiv einaxig doppeltbrechend, wobei die Axe der Längsrichtung der Faser parallel liegt.

Fig. 18.



Glatte Muskelfasern.
A. Aus dem Darm eines Meerschweinchens (in Chromsäure erhärtet).
B. Aus dem Magen des Frosches (frisch durch Salpetersäure isolirt).
C. Ebendaher (durch 35 proz. Kalilauge isolirt).
(Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 2.)

Jede glatte Muskelfaser besitzt einen Kern (in seltenen Fällen sind auch zwei vorhanden), welcher durch seine langgestreckte, wie man sich auszudrücken pflegt, *stäbchenartige* Form so sehr ausgezeichnet ist, dass man sich für gewöhnlich berechtigt hält, aus der Anwesenheit solcher Kerne auf glatte Muskelfasern zu schliessen. Er enthält ein oder zwei glänzende Kernkörperchen. In seiner nächsten Umgebung sind häufig einzelne mattglänzende Körnchen in die Substanz der Faser eingelagert. Eine Zellmembran oder überhaupt eine differenzirte Umhüllungsschichte auf ihrer Oberfläche konnte bis jetzt nicht nachgewiesen werden.

Die *Dimensionen* der glatten Muskelfasern erscheinen ausserordentlich wechselnd, je nach der Oertlichkeit, aus welcher sie zur Untersuchung entnommen werden. Die Länge kann nach *J. Arnold* zwischen 45 und 230 μ, die Breite zwischen 4 und 10 μ schwanken; doch dürften dies namentlich für die Längendimension noch nicht die äussersten Grenzen sein. Bemerkenswerth ist, dass mit der Länge der Muskelfasern nicht immer auch ihre Breite gleichmässig zunimmt, so

dass man sehr kurzen und breiten, aber auch sehr langen und schmalen Fasern begegnet. — Nicht selten trifft man, besonders an gewissen Oertlichkeiten (Harnblase), glatte Muskelfasern, welche sich nach einem oder beiden Enden hin gabelig theilen. — Eine leichte Querstreifung, welche man in seltenen Fällen an den glatten Muskelfasern nachweisen kann, wird als Contractionsphänomen gedeutet (*Meissner, Heidenhain*).

Die gegenseitige Verbindung der glatten Muskelfasern ist eine sehr innige, so dass es im frischen Zustande nicht leicht gelingt, durch Zerzupfen sie unversehrt zu isoliren. Dies geschieht am besten durch Einlagerung des frischen, jedoch nicht mehr zuckungsfähigen Gewebes in 30—35proz. Kalilauge durch etwa 10 Minuten. Dieselbe Kalilauge verwendet man dann als Zusatzflüssigkeit bei der Präparation. Auch ein Gemenge von Salpetersäure und chlorsaurem Kali erleichtert die Isolirung. Bei beiden dieser Methoden erscheinen die Ränder der Muskelfasern leicht ausgezackt. Gute Präparate erhält man ausserdem durch Zerzupfen von Geweben, welche bis zur Erhärtung in *Müller'scher* Flüssigkeit oder chromsaurem Kali gelegen sind. In diesem Falle sind die Muskelfasern gelblich, ziemlich starr und spröde geworden und sind besonders leicht an Schnittpräparaten zu erkennen, bei welchen auch die verschiedenen Färbemethoden (Pikrocarmin, Hämatoxylin, Palladiumchlorid) die besten Dienste leisten.

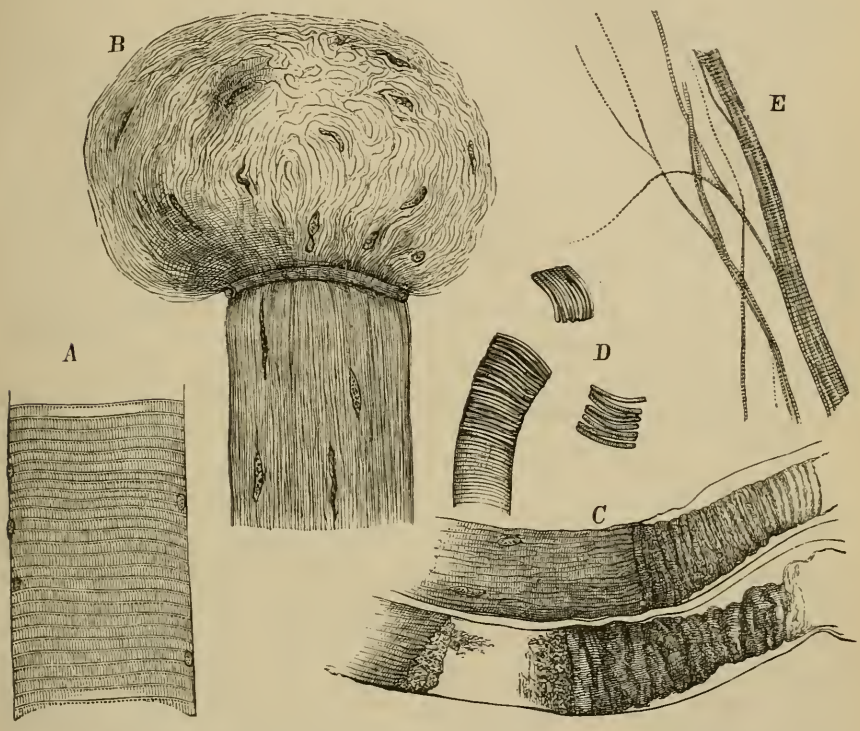
Die glatten Muskelfasern sind im Allgemeinen in solchen Körpertheilen vertreten, welche zu Bewegungen befähigt sind, die ausserhalb unserer Willkür liegen; also besonders: in dem Darmkanal (vom Oesophagus nach abwärts), in dem Respirationstract (Luftröhre und Bronchialverästlungen), in dem Genitalapparat (Gebärmutter, Eileiter, Nebenhoden und Vas deferens, Vorsteherdrüse); in dem Harnapparat (Nierenbecken, Harnleiter, Harnblase, Harnröhre), ferner in dem Blutgefässsystem (Arterien und Venen), in der mittleren Augenhaut und endlich in verschiedenen Theilen der Cutis und an manchen ihr eingelagerten Gebilden.

b) **Die quergestreiften Muskelfasern.** Sie stellen lange, schmale, ziemlich regelmässige Cylinder dar, deren hervorstechendste Eigenthümlichkeit darin besteht, dass ihre Substanz eine Differenzirung ihrer kleinsten Theile erkennen lässt, welche sich in kurzen, regelmässigen Abständen stets gleichartig wiederholt. Sie erscheinen daher in querer Richtung gestreift oder gebändert. Ausser der weichen, fast flüssigen Substanz, welche der Muskelfaser dieses Aussehen verleiht, finden wir an ihr noch zwei andere Bestandtheile: eine zarte, strukturlose Haut, das Sarkolemma, als Umhüllungsmembran, und eine grössere Anzahl von Kernen.

Untersucht man eine Muskelfaser, welche aus einem ganz frischen, noch contractionsfähigen Muskelstücke unter Zusatz von Serum schonend isolirt worden ist, mit starken Vergrösserungen, so nimmt man bei einer bestimmten Einstellung der Mikroskopröhre wahr, dass entlang der ganzen Faser abwechselnd hellere und dunklere Querbänder erscheinen, welche sich bei Drehung der Stellschraube durch die ganze Dicke der

Faser gleichmässig erkennen lassen. Die helleren, zugleich die schmäleren Querbänder zeigen manchmal eine ganz homogene (Fig. 19 A) Beschaffenheit, können aber in anderen Fällen mit einer Anzahl der Quere nach aneinander gereihter feiner Körnchen besetzt sein. Die dunkleren Bänder dagegen sind in regelmässigen Abständen von feinen, hellen, längsgerichteten Streifen durchzogen, so dass sie aus einer An-

Fig. 19.



A. Muskelfaser von Hydrophylus piceus, frisch mit 1proz. Kochsalzlösung präparirt. (Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 3.)

B. Muskelfaser vom Frosch nach Behandlung mit Essigsäure. (Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 2.)

C. Zwei Muskelfasern vom Frosch nach längerer Einwirkung von Kochsalzlösung; der geschrumpfte Inhalt ist von dem Sarkolemma abgehoben. (Hartnack, Syst. VII. Ocul. 2.)

D. Aus einem Zupfpräparat eines in Chromsäure erhärteten Muskels (Eichhörnchen); man sieht die Lockerung in dem Zusammenhang der Querscheiben. (Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 2.)

E. Aus einem Zupfpräparat der Muskulatur eines in Alkohol conservirten Proteus anguineus. Theilweiser Zerfall einer Faser in Fibrillen. (Hartnack, Syst. IX. Ocul. 2.)

zahl nebeneinander stehender, länglicher Körperchen zusammengesetzt erscheinen. Diese Körperchen sind in der That als die eigentlichen Elemente der Muskelsubstanz zu betrachten, da sie sowohl morphologisch als auch physiologisch die wesentlichsten Bestandtheile derselben ausmachen. Sie sind unter dem Namen *Fleischtheilchen* (*Sarcous elements Bowman*) bekannt, und stellen kurze prismatische Säulchen dar, welche insbesondere durch ihr optisches Verhalten ausgezeichnet sind. Sie erweisen

sich nemlich unter dem Polarisations-Mikroskope als doppeltbrechende, positiv einaxige Gebilde und unterscheiden sich dadurch von der übrigen, isotropen Substanz des Muskels. Eine weitere Differenzirung lässt sich in den Fleischtheilchen durch das Mikroskop nicht mehr nachweisen; doch erschloss *Brücke* aus der Unveränderlichkeit ihrer optischen Constanten bei Formveränderungen, dass sie noch aus einer Anzahl kleinster Körperchen zusammengesetzt sein müssen, welche die Eigenschaft der doppelten Lichtbrechung besitzen. Diese, vorderhand also hypothetischen Körperchen hat *Brücke* als *Disdiaklasten* *) bezeichnet.

Man hat sich nun die Sarcous elements so angeordnet zu denken, dass ihrer viele in einer Ebene nebeneinander gestellt und durch eine geringe Menge von isotroper Substanz zu einer Scheibe verbunden sind, deren Umfang dem Umfang der Muskelfaser gleich ist. Denkt man sich solcher Scheiben, welche somit vorwiegend aus doppeltbrechenden Elementen bestehen, eine grosse Anzahl übereinander gelegt und alle wieder durch eine dünne Lage von isotroper Substanz aneinander gehalten, so wird durch sie eine cylindrische Muskelfaser aufgebaut, deren quer gebändertes Aussehen durch die wechselweise Uebereinanderlagerung verschieden lichtbrechender Schichten erzeugt wird.

Es ist eine interessante Erscheinung, dass man diesen Verband der Sarcous elements durch gewisse chemische Einwirkungen zu lösen vermag, und zwar das eine Mal so, dass die einzelnen Querscheiben isolirt werden, das andere Mal in der Weise, dass die ganze Muskelfaser der Länge nach in eine Anzahl ausserordentlich dünner Fädchen zerfällt, welche sich aus übereinander gestellten Sarcous elements zusammengesetzt zeigen. Die ersteren (Fig. 19 D) — unter dem Namen *Discs* (*Bowman*), *Bowman'sche Scheiben* bekannt — erhält man zur Ansicht, wenn man ein Stück frischen Muskels durch einige Zeit der Einwirkung einer 0·001proz. Salzsäurelösung überlässt. Auch der Magensaft der fleischfressenden Thiere, das Einfrierenlassen der Muskeln bewirkt den queren Zerfall. Gute Bilder erhält man ausserdem von Muskeln, welche durch längere Zeit in Chromsäure erhärtet worden sind; die Muskelfasern werden im letzteren Falle sehr spröde und zeigen an Zupfpräparaten häufig eine Lockerung der Querscheiben und eine grosse Neigung, sich diesen entsprechend zu zerbröckeln. Die Auflösung der Muskelfaser in Fädchen — *Fibrillen*, *Primitivfibrillen* — (Fig. 19 E) gelingt am leichtesten an Präparaten, welche längere Zeit in mässig verdünntem Weingeist gelegen sind; eine Andeutung davon zeigt sich übrigens manchmal an Zupfpräparaten frischer Muskeln an den Rissenden der Fasern.

---

*) Von διακλάω — ich breche.

Die eben erwähnten Thatsachen haben zu verschiedenen Anschauungen über den Aufbau der Muskelsubstanz Veranlassung gegeben, indem einige Autoren die Fibrille, andere den Disc als das primäre Formelement der Muskelfaser betrachtet haben. Noch andere haben, und wie es scheint mit Recht, auf das Sarcous element zurückgegriffen, und stellen sich vor, dass eine Anzahl derselben durch ein Bindemittel, welches in 0·001proz. Salzsäure u. s. w. löslich, aber in Alkohol unlöslich sei, der Länge nach zu Fibrillen verbunden werden; der Quere nach aber würden die Sarcous elements durch ein anderes, in Alkohol lösliches, in 0·001proz. Salzsäure jedoch unlösliches Bindemittel zur Scheibe verkittet.

Es scheint mir übrigens nicht gerechtfertigt, noch auch zwingend nothwendig, zwei chemisch differente Bindemittel zu supponiren; denn erstens kann man unter gewissen Umständen und bei längerer Einwirkung sowohl des Alkohols als auch der Salzsäure die Muskelsubstanz bis zu den Sarcous elements zerlegen, also sowohl den Längs- als den Querverband derselben lösen, und zweitens tritt die Zerlegung der Muskelfaser in Scheiben oder Fibrillen nicht stets mit jener Sicherheit und Constanz hervor, welche einer bestimmten chemischen Beziehung der genannten Reagentien zu der isotropen Bindesubstanz zukommen müsste; drittens endlich scheint es recht wohl möglich, den Zerfall nach der einen oder anderen Richtung aus gewissen Gestaltveränderungen der Sarcous elements herzuleiten, vermöge welcher ihr Zusammenhang mit dem Bindemittel, nachdem es abgestorben und ebenfalls chemisch verändert ist, in gewissen Richtungen verändert werden könnte.

Diese isotrope Zwischensubstanz, welche wir uns also bis auf Weiteres durch die ganze Muskelfaser als eine gleichartige vorstellen dürfen, ist an gewissen Stellen etwas mehr angehäuft, und zwar so, dass immer eine Anzahl von Längsreihen der Sarcous elements (Fibrillen) wie von einer stärkeren Hülle von isotroper Substanz umgeben ist. Dies prägt sich bei der Längenansicht der Faser durch eine gewisse, bald mehr bald minder deutliche Längsstreifung aus, an Querschnitten derselben aber, welche man sich zu diesem Zwecke am besten aus gefrorenen, frischen Muskeln darstellt, in Form von feinen Linien, welche sich zu einem weitmaschigen Netz vereinen (*Cohnheim'sche Felder*). Innerhalb derselben sind die punktförmig erscheinenden Sarcous elements gruppenweise eingelagert. Häufig erscheint die isotrope Substanz an diesen Stellen von reichlichen, feineren oder gröberen Punkten durchsetzt, welche von *Kölliker* als *interstitielle Körner* bezeichnet wurden.

Die im Vorstehenden gegebene Darlegung des Aufbaues der Muskelsubstanz entspricht den Ansichten, wie man sie sich bis vor wenigen Jahren mit einzelnen wenig erheblichen Modifikationen ganz allgemein zurechtgelegt hatte. Seit einiger Zeit, insbesondere seitdem man sich sehr eingehend mit dem Studium der Muskulatur verschiedener Arthropoden befasst hat, ist eine ganze Reihe neuer Thatsachen bekannt geworden, welche wohl geeignet sind, die früher gangbaren Vorstellungen über diesen Gegenstand als ziemlich lückenhaft erscheinen zu lassen. Allerdings

sind wir heute noch nicht im Stande, an die Stelle derselben etwas Anderes, einigermassen Abgeschlossenes zu setzen, wenn auch an mannigfachen Hypothesen kein Mangel ist. Es handelt sich eben hier um eine sehr schwierige Deutung subtiler Wahrnehmungen, welche schon an der Grenze des uns dermalen Zugänglichen gelegen sind. Es möge daher das Bemerkenswertheste aus den hierhergehörigen neueren Untersuchungen kurz vorgeführt werden, mit dem Bemerken, dass es der Zukunft überlassen bleiben muss, an denselben Wahrheit und Irrthum zu unterscheiden.

Untersucht man frische Muskelfasern von Wasserkäfern unter Zusatz von indifferenten Flüssigkeiten (oder auch solche, welche mässig in Alkohol erhärtet worden sind), mit Zuhülfenahme starker Vergrösserungen (Immersionssystemen), so gewahrt man zunächst nicht selten, dass die helleren, einfach brechenden Querbänder der Fasern durch eine zarte, quere Linie in zwei Hälften getheilt erscheinen. Durch verschiedene Einstellung der Mikroskopröhre kann man sich die Ueberzeugung verschaffen, dass diese Linie durch die ganze Tiefe der Muskelfaser hindurch sichtbar bleibt, und daher als der optische Ausdruck einer quer durch dieselbe ausgespannten feinen Membran angesehen werden darf. Es ist dies die „*Querlinie*“ (*Quermembran*) *Krause's*. Man hätte sich demnach vorzustellen, dass eine jede doppeltbrechende Querschichte sammt der oben und unten sich anschliessenden Hälfte der isotropen Querschichte zwischen zwei, durch die ganze Breite der Muskelfaser ausgespannte Häutchen zu liegen komme, und dass durch die letzteren die ganze Muskelfaser in viele übereinanderliegende *Fächer* abgetheilt werde. Ein jedes von diesen wird nach *Krause's* Angaben wieder in eine grössere Anzahl von kleineren Fächern abgetheilt, dadurch, dass ein jedes Sarcous element für sich von einer membranösen Hülle eingeschlossen ist, welche nach einer Seite an der Quermembran festhaftet. *Krause* nannte diese letzteren, kleinen Fächer „*Muskelkästchen*“, und gab folgende Darstellung vom Bau der Muskelsubstanz: Ihr Grundelement ist das Muskelkästchen; an jedem derselben kann — gewissermassen als Boden — eine „*Grundmembran*“, d. i. der entsprechende Theil der Quermembran, und als seitliche Wandung eine in sich geschlossene und mit der Grundmembran verwachsene „*Seitenmembran*“ unterschieden werden.

Das Muskelkästchen stellt somit einen länglichen Behälter von polygonalem Querschnitt dar, welcher nach oben keine besondere Wandung besitzt, sondern von der Grundmembran des nächstfolgenden Muskelkästchens bedeckt wird. Ein jedes Muskelkästchen enthält in sich ein anisotropes „*Muskelprisma*“ (identisch mit dem Sarcous element), welches aber nicht den ganzen Raum des Kästchens einnimmt, sondern von den membranösen Wänden desselben durch eine isotrope „*Muskelkästchenflüssigkeit*“ abgehoben ist. Durch das Neben- und Uebereinanderordnen dieser Muskelkästchen lässt sich sonach der mikroskopische

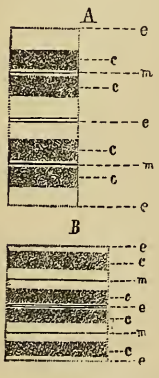
Befund an der Muskelfaser erklären: Die Grundmembranen aller in einem Querschnitt der Faser enthaltenen Muskelkästchen bilden zusammen die „Quermembran". Als Ausdruck der „Seitenmembranen" erscheint die zarte, zwischen den Muskelprismen wahrnehmbare Längsstreifung der Faser; die Muskelkästchenflüssigkeit repräsentirt, soweit sie beiderseits den Grundmembranen anliegt, die isotropen Querschichten der Faser; soweit sie zwischen „Seitenmembran" und „Muskelprisma" eingeschoben ist, das quere Bindemittel der Sarcous elements nach der älteren Anschauung. Eine Anzahl über einander gestellter Muskelkästchen bilden die Fibrille, mehrere derselben neben einander gestellt, unter Verschmelzung ihrer Grundmembranen, eine Muskelscheibe.

Fast zu derselben Zeit, als *Krause* seine Untersuchungen mittheilte, hatte *Hensen* die Beobachtung gemacht, dass die *anisotropen* Schichten der Muskelsubstanz der Quere nach von einem schwächer lichtbrechenden Streif durchzogen werden, durch welchen eine jede derselben in zwei über einander gelegene Hälften zerlegt erscheint. *Hensen* deutete diesen Streif als den Ausdruck einer besonders differenzirten Schichte der Muskelsubstanz, welcher er den Namen „*Mittelscheibe*" beilegte. Dieselben würden also quere Scheidewände in der Muskelfaser formen, von denen je zwei der Reihe nach: die halbe Höhe einer anisotropen Querschichte, eine ganz isotrope und wieder die Hälfte der nächstfolgenden anisotropen Querschichte zwischen sich fassen. *Hensen* verglich den Aufbau der Muskelfaser mit dem einer Volta'schen Säule, wobei die Filzplatte durch die isotrope Substanz, die Metallplatten durch die beiden Hälften je einer anisotropen Querschichte vertreten sein würden. Die Mittelscheibe wäre als eine in der Zusammensetzung der Volta'schen Säule nicht vorkommende Scheidewand zwischen den Metallplatten eines jeden einzelnen Elementes aufzufassen.

Die Arbeiten der beiden vorgenannten Forscher gaben den Anstoss zu einer lebhaften Controverse, im Laufe welcher sich leider eine ganz ausserordentliche Divergenz in den Anschauungen der vielen daran betheiligten Forscher herausbildete. Es sei hier von denselben nur die Darstellung *Merkel's* erwähnt, welcher, wie es scheint, die thatsächlichen Verhältnisse am treuesten geschildert und am glücklichsten gedeutet hat. Zunächst fand *Merkel*, dass an Stelle der einfachen „Quermembran" *Krause's zwei* ganz nahe an einander gelegene, durch eine äusserst geringe Menge von Kittsubstanz geschiedene Membranen vorhanden sind, welche die Muskelfaser der Quere nach durchziehen; er nannte dieselben „*Endscheiben*", weil eine jede von ihnen die Grenze eines „*Muskelelementes*" — entsprechend einem *Krause'schen* Muskelkästchen, — abgibt. Ein solches einfaches Muskelelement besitzt nach *Merkel* die Form eines Cylinders, dessen Mantel durch die „Seitenmembran",

und dessen Endflächen jederseits durch eine „Endscheibe“ gebildet werden. Dieser geschlossene Cylinder ist durch die „Mittelscheibe“, welche mit der Seitenmembran verwachsen ist, in zwei völlig getrennte Fächer getheilt, deren jedes eine festweiche, contractile Substanz nebst einer indifferenten Flüssigkeit enthält. Die Lagerung der contractilen Substanz verändert sich, nach *Merkel's* Ansicht, bei der Zusammenziehung der Muskelfaser gegenüber dem Zustand der Ruhe. Im letzteren Falle (Fig. 20 A) liegt die contractile Substanz in beiden Fächern eines Muskelelementes unmittelbar der Mittelscheibe an, die indifferente Flüssigkeit ist in der Gegend der Endscheiben angesammelt. Im Zustande der Contraction haben die Inhaltsmassen des Muskelelementes den Platz gewechselt, indem in beiden Fächern desselben die contractile Substanz an die Endscheibe verrückt ist, die indifferente Flüssigkeit aber beiderseits der Mittelscheibe anlagert (Fig. 20 B). Diese Lageveränderung der Theilchen wird durch ein Zwischenstadium vermittelt, in welchem die Inhaltsmasse des Muskelelements völlig homogen erscheint, indem die contractile Substanz mit der indifferenten Flüssigkeit innig vermengt ist.

Fig. 20.



Schematische Darstellung zweier „Muskelelemente“. Copie nach *Merkel*.

A Im Zustande der Ruhe, B im Zustande der Contraction.
c Contractile — doppeltbrechende — Substanz der Faser, e Endscheibe, m Mittelscheibe.

Ueber das Verhalten der Muskelsubstanz gegenüber *chemischen Einflüssen* ist dem bereits Erwähnten noch Folgendes hinzuzufügen: Kaustische Alkalien in verdünntem Zustande zerstören dieselbe sehr rasch und vollständig; in gewissen concentrirteren Lösungen bleibt jedoch die Muskelsubstanz mehr weniger intact, so dass insbesondere eine Kalilauge von 35 % ein geeignetes Isolirungsmittel für Muskelfasern abgibt, in welchem dieselben ziemlich lange erhalten bleiben können. Die Veränderungen, welche die frische Muskelsubstanz durch den Einfluss verdünnter Säuren erleidet, machen sich, abgesehen von der Quellung und Vermehrung der Durchsichtigkeit, insbesondere durch das theilweise Verschwinden der Querstreifung und durch ein deutlicheres Hervortreten der Längsstreifung bemerkbar. Bei etwas längerer oder stärkerer Einwirkung löst sich die Muskelsubstanz vollständig auf.

Die verdünnte Essigsäure, vorsichtig dem Präparate zugesetzt, ist auch das beste Mittel, um die *Muskelkerne* deutlich zu machen. Mitunter schon in ganz frischem Zustande als helle, ovale Stellen zerstreut an den Muskelfasern angedeutet, stellen sie sich nun in Form von gestreckten, ellipsoidischen, von einer Seite her etwas abgeplatteten

Körperchen dar, welche 8—13 μ in der Länge und 3—4 μ in der Breite messen und neben mehreren feinen Körnchen ein oder zwei charakteristische Kernkörperchen zeigen. In ihrer nächsten Umgebung ist häufig eine etwas stärkere Anhäufung von interstitiellen Körnern bemerkbar. Alle Kerne sind mit ihrer Längsaxe der der Muskelfaser gleichgerichtet und liegen bei dem Menschen und bei den Säugethieren unmittelbar unter dem Sarkolemma; bei Amphibien, Fischen und auch bei den hühnerartigen Vögeln sind sie durch die ganze Dicke der Muskelsubstanz zerstreut. Eine Regelmässigkeit ihrer Anordnung ist in beiden Fällen nicht erkennbar. In auffallend grosser Menge finden sie sich an den Endstücken der Fasern (*Froriep*).

Von den übrigen Eigenschaften der Muskelsubstanz ist besonders ihre *Contractionsfähigkeit* von grosser Wichtigkeit. Leider sind die dabei stattfindenden histologischen Veränderungen nicht mit hinreichender Sicherheit erforscht, ja man ist nicht einmal darüber einig, ob die Sarcous elements oder die isotrope Zwischensubstanz das eigentlich Contractile seien. Während *Brücke*, *Engelmann* und Andere die Verkürzung des Muskels einzig und allein auf eine Verkürzung und entsprechende Verbreiterung der Sarcous elements zurückführen, behaupten viele Autoren (*Krause*, *Merkel* u. s. w.), dass dieselben sich bei dem Contractionsvorgange in ihren Dimensionen gar nicht verändern; dass vielmehr eine eigenthümliche Umordnung der beiden Substanzen (siehe oben) vor sich gehe, welche mit Verdünnung der isotropen Querstreifen verbunden ist (*Krause*).

Das *Sarkolemma* *) stellt, wie schon erwähnt, einen in sich geschlossenen Schlauch dar, welcher aus einer elastischen, glashellen, ihrer chemischen Constitution nach noch nicht genauer erforschten, strukturlosen Substanz besteht und allseitig und innig der contractilen Muskelsubstanz anliegt. Dasselbe kann in überzeugender Weise nur demonstrirt werden, wenn es aus irgend einem Grunde von der Muskelsubstanz abgehoben ist.

Am besten und jederzeit gelingt dies, wenn man Muskelfasern vom Frosche oder anderen kaltblütigen Thieren nicht zu lange Zeit nach dem Tode unter Zusatz einer 0·5 proz. Kochsalzlösung vorsichtig isolirt und das Präparat durch etwa eine halbe Stunde lang vor Verdunstung geschützt stehen lässt. Man sieht während dieser Zeit, wie sich die Substanz des Muskels an den Rissenden allmälig zusammenzieht und verdichtet, was natürlich eine Dehnung derselben im Innern der Faser zur Folge hat. Ist diese Dehnung bis zu einem gewissen Grade gediehen, so sieht man, wie nahe dem Ende der Faser, zuerst gewöhnlich an einer Seite, Einrisse in der Muskelsubstanz entstehen, dann aber plötzlich ein vollständiges Abreissen der äussersten verdichteten Parthieen erfolgt, so dass man eine Strecke von 50—80 μ

*) ἡ σάρξ das Fleisch und τὸ λέμμα die Rinde, die Hülle.

weit den Sarkolemmschlauch vollkommen frei von Muskelsubstanz findet. In günstigen Fällen wiederholt sich dieses Abreissen von Stelle zu Stelle, bis man nach Verlauf von etwa einer Stunde den ganzen Inhalt eines Muskelfaserstückes zu mehreren, in einer gewissen Entfernung von einander stehenden Klumpen geballt findet, zwischen denen je der mit klarer Flüssigkeit erfüllte Sarkolemmschlauch hingespannt ist. In anderen Fällen zieht sich bei derselben Behandlung die ganze Muskelsubstanz zu einem verdichteten Strang zusammen, welcher sich an seiner ganzen Peripherie von dem Sarkolemma, welches so ebenfalls deutlich sichtbar wird, abhebt. Der Grund dieser ebenso auffallenden als lehrreichen Erscheinung mag wohl in dem Eintritt der Todtenstarre zu suchen sein (Fig. 19 C).

In anderer Weise kann man manchmal durch Zufall zur Ansicht des Sarkolemmas gelangen, wenn beim Zerzupfen die Muskelsubstanz an Stellen einreisst, wo das Sarkolemma erhalten geblieben ist; oder auch bei Zusatz von Wasser, wenn sich durch Imbibition an irgend einer Stelle ein Zwischenraum zwischen Sarkolemma und Muskelsubstanz gebildet hat. Ein gutes Hülfsmittel bietet auch die verdünnte Essigsäure dar; indem das Sarkolemma sich in ihr nicht verändert, die Muskelsubstanz aber unter starker Aufhellung bedeutend quillt, fliesst die letztere an den offenen Rissstellen der Faser aus (Fig. 19 B) und der Rand des Sarkolemmas tritt als glänzender Ring am Ende der Faser deutlich hervor. Bei längerer Einwirkung kann sich die Muskelsubstanz immer mehr verflüssigen und sich zum grossen Theile entleeren, wobei auch entlang den Seitenwänden der Faser das Sarkolemma auf lange Strecken hin leicht sichtbar wird. Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangt man durch Verdauung dünner Muskelpartikelchen mit Trypsin.

Die quergestreifte Muskelfaser als Ganzes stellt nun einen langen Cylinder dar, welcher an seinen beiden Enden entweder conisch zugespitzt oder leicht abgerundet erscheint. Der Dickendurchmesser schwankt in beträchtlichen Grenzen, sowohl bei verschiedenen Thierklassen, als auch an einem und demselben Individuum an verschiedenen Stellen. Für den Menschen beträgt er 15 bis zu 50 μ. Die Muskulatur des Gesichtes und der Haut überhaupt enthält meist dünnere Fasern als die des Stammes und der Extremitäten. Uebrigens kommen in einem und demselben Muskel Schwankungen um das Doppelte des Durchmessers zur Beobachtung. Die Länge der quergestreiften Muskelfasern verhält sich so, dass in kurzen Muskeln jede Faser durch die ganze Länge desselben verläuft. In den langen Muskeln jedoch reichen die Fasern nicht immer so weit, als wie die makroskopisch sichtbaren Bündel derselben; sie sollen nach *W. Krause* niemals die Länge von 4 Cm. übersteigen. Neueren Angaben *Froriep's* zufolge erreichen sie aber wenigstens in einzelnen Muskeln (M. sartorius des Menschen) eine weit grössere Länge. Im Allgemeinen sind die Muskelfasern in ihrem ganzen Verlauf unverzweigt. Jedoch finden sich auch dichotome Verästlungen derselben an der Zunge, an den Augenmuskeln und insbesondere am Herzfleisch, wo ausserdem sehr dichte und zahlreiche, netzartige Verbindungen der Fasern vorkommen.

Die Muskelfasern des *Herzens* zeigen aber auch noch andere, sehr

bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten. Ohne auf die verschiedenen Verhältnisse bei den niederen Wirbelthierklassen einzugehen, sei hier nur das Verhalten bei Säugethieren und Menschen berücksichtigt. Bei einer sehr geringen, 20 μ nicht übersteigenden Breite der Faser ist ihre Substanz in der Regel weniger durchsichtig, häufig mit zahlreichen feinsten, reihenartig geordneten Körnchen durchsetzt, die Längsstreifung stark hervortretend. Ein Sarkolemma konnte an ihnen bis jetzt nicht sicher nachgewiesen werden. Die einzelnen Fasern sind verhältnissmässig kurz (60—75 μ), und gewöhnlich nur mit einem einzigen rundlichen oder ovalen Kern versehen, welcher in der Mitte ihrer Substanz gelegen ist. Sie besitzen eine grosse Neigung, der Quere und der Länge nach zu zerfallen, so dass man an Zupfpräparaten sowohl vom frischen Herzfleisch, als auch nach Behandeln desselben mit 30—35proz. Kalilaugelösung meist nur kleine Fragmente isolirt erhält. Trotzdem kann man bei der letzten Behandlungsmethode an vielen Stellen die Abgrenzung der einzelnen Fasern durch helle, glänzende Querlinien noch deutlich erkennen. Besonders gut gelingt dies nach Imprägnation des Herzfleisches mit salpetersaurem Silberoxyd, wodurch die Grenzlinien schwarz gefärbt werden.

Uebergangsformen von glatten zu quergestreiften Muskelfasern kommen bei Menschen und Säugethieren nicht vor, wohl aber bei den niederen Thierklassen und insbesondere bei Wirbellosen.

Die *Verbreitung* der quergestreiften Muskelfasern erstreckt sich auf die eigentliche Skeletmuskulatur des Kopfes, des Stammes und der Extremitäten, auf gewisse Theile der Sinnesapparate (Muskeln des Gehörorganes, äussere Augenmuskeln), auf den Anfangstheil des Digestions- und Respirationstractes (Zunge, Rachen, ein Theil der Speiseröhre, Kehlkopf) und auf das äussere Genitale. Von dem Gefässsystem besitzt nur das Herz quergestreifte Fasern.

Um die Bedeutung der quergestreiften Muskelfasern als elementäre Baumittel und ihre Stellung zu der Reihe der verschiedenen Zellenarten richtig zu würdigen, muss die ursprüngliche Entwicklung derselben zu Rathe gezogen werden. Sie entstehen aus Elementen des Archiblast, und zwar so, dass eine jede Muskelfaser aus einer einzigen rundlichen Zelle hervorgeht, welche spindelförmig auswächst und vorerst nur einen einzigen Kern enthält. Mit der Verlängerung der Zelle geht zugleich eine rasche Vermehrung der Kerne durch fortgesetzte Theilung vor sich. Die charakteristische Differenzirung der Muskelsubstanz und die Sonderung der Sarcous elements ist ein secundärer Vorgang, welcher zuerst in den peripheren Theilen der spindelförmigen Fasern sich bemerkbar macht; eine centrale Axenparthie der Muskelfasern erhält sich im Embryo durch längere Zeit in vollkommen homogenem Zustande. Man kann sich hiervon leicht die Ueberzeugung verschaffen, wenn man an sehr jungen Embryonen, am besten an in Chromsäure erhärteten Froschlarven, Querschnitte durch einen Muskel anfertigt.

Die Zellkerne, bis nun in der Mitte der Muskelsubstanz gelegen, schieben

sich allmälig mehr und mehr zur Seite. In ihrer unmittelbaren Umgebung erhält sich eine gewisse Menge des ursprünglichen, formlosen Protoplasmas durch das ganze Leben, so dass die Kerne weder mit dem Sarkolemma, noch mit der doppeltbrechenden Muskelsubstanz in unmittelbarer Berührung sind. Diese so durch die ganze Länge der Muskelfaser zerstreuten Reste von nicht differenzirtem Protoplasma erscheinen unter ungefähr spindelförmiger Gestalt und stehen durch dünne, fadenartige Ausläufer unter einander in Zusammenhang; in der Mitte der Spindel befindet sich der Kern. — Diese Bildungen (wohl auch als *Zwischensubstanz* der Muskelfasern bezeichnet) sind es, auf welche *M. Schultze* in einem berühmt gewordenen Aufsatze den Namen „*Muskelkörperchen*“ übertragen hat, ein Name, welcher vorher meist für die Kerne allein in Gebrauch stand; sie sind es auch, welche die sogen. interstitiellen Körner in sich enthalten, so dass wir nun berechtigt sind, den letzteren dieselbe Bedeutung zuzuschreiben, welche den körnigen Einlagerungen in das Protoplasma überhaupt zukommt. Diese Muskelkörperchen im obigen Sinne erlangen besonders in pathologischen Zuständen (Fettmetamorphose, Entzündung des Muskels) eine grosse Bedeutung; ob es aber zweckmässig oder nothwendig ist, sie als eigenberechtigte Zellenindividuen aufzufassen, wie es *M. Schultze* gethan hat, dürfte noch nicht endgültig entschieden sein.

Auch über die Bedeutung des Sarkolemmas ist man nicht ganz einig. Während *Kölliker* dasselbe als wahre Zellmembran auffasst, welche zugleich unter Verlängerung der Faser weiter wächst, sind die meisten neueren Autoren geneigt, es als eine secundäre Auflagerung, von der bindegewebigen Umgebung herrührend, zu deuten. Gegen die erstere Ansicht könnte man nur das als thatsächlichen Einwand vorbringen, dass die embryonalen Anlagen der Muskelfasern eine Zellmembran nicht erkennen lassen und zweifelsohne auch nicht besitzen. Mehrfache Erfahrungen lehren aber, dass sich Zellmembranen überhaupt erst früher oder später im Verlaufe des Lebens der Zelle bilden. Für die letztere Ansicht führt *Froriep* an, dass sich das Sarkolemm, ähnlich den Gebilden der Bindesubstanz, beim Kochen mit Säuren auflöse.

Wenn wir indessen auch die Bedeutung des Sarkolemmas vorderhand unentschieden lassen, so ersieht man schon aus den vorstehenden kurzen Andeutungen, dass eine jede Muskelfaser als das Derivat einer einzigen Bildungszelle zu betrachten ist, deren Protoplasma sich zum grössten Theile in eigenthümlicher Weise umgewandelt und deren ursprünglich einfacher Kern sich vervielfältigt hat. Nur die Einzelnfasern der netzförmigen Herzmuskulatur bleiben zumeist einkernig.

7) Die Nervenfasern.

Sie stellen lange, theils sehr einfach, theils complicirter gebaute, Fasern ähnliche Elementartheile dar, als deren Charakteristik im Allgemeinen nur ihr Vorkommen in den verschiedenen Bestandtheilen des Nervensystems und ihre physiologische Bedeutung als Leitungswege nervöser Erregungsvorgänge angeführt werden kann. Ueber ihre Stellung im histologischen System ist man noch nicht ganz im Klaren. Während man früher allgemein annahm, dass sie aus einer Verschmelzung reihenartig hintereinander gelagerter Zellen, unter eigenthümlicher Modificirung der Substanz derselben, hervorgehen, haben viele neuere Beobachter diese Annahme, als einer sicheren Grundlage entbehrend, zurückgewiesen.

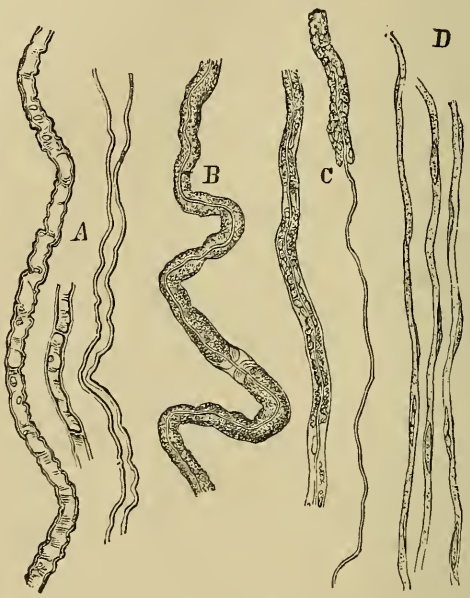
Nach gewissen Verschiedenheiten des Baues muss man mehrere *Formen* von Nervenfasern unterscheiden, welche jedoch nicht einer Abtheilung der sämmtlichen Nervenfasern in bestimmte voneinander getrennte Gruppen entsprechen, wie es etwa bei den Muskelfasern der Fall ist. Es kann vielmehr eine und dieselbe Nervenfaser an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes einen verschiedenen Bau zeigen und daher an der einen Stelle dieser, an einer andern Stelle einer andern Form angehören; ja es ist dies sogar bei den meisten Nervenfasern thatsächlich der Fall. — Bei der der Masse nach am meisten verbreiteten Form von Nervenfasern, welche man mit dem Namen der *markhaltigen* bezeichnet, verläuft der ganzen Länge der Faser nach ein centraler Faden, welcher durch *Purkinje* entdeckt und seither als *Axencylinder* (*Axenfaser*) bekannt ist. Dieser muss nach Allem, was wir bisher wissen, als das wesentlichste Substrat der physiologischen Thätigkeit der Nervenfasern aufgefasst werden, und auch morphologisch bildet er, wenn auch nicht immer den auffallendsten, so doch den constantesten und wesentlichen Bestandtheil derselben. Die verschiedenen Formen der Nervenfasern kommen nur dadurch zu Stande, dass der Axencylinder entweder verschiedene Umhüllungen erhält (Nervenmark und *Schwann'sche* Scheide), oder aber dieser zum Theil oder ganz entbehrt, nackt ist, endlich sich in kleinere Fäserchen (Primitivfibrillen) zerspalten kann.

Von rein histologischen Gesichtspunkten aus scheint es mir noch immer zweckmässig, an der althergebrachten Eintheilung sämmtlicher Nervenfasern in zwei Hauptformen festzuhalten, trotzdem sie in neuerer Zeit als nicht mehr ganz entsprechend erachtet worden ist. Wir unterscheiden also zunächst *markhaltige* und *marklose* Nervenfasern.

a) **Die markhaltigen Nervenfasern.** Zerzupft man einen beliebigen Nerven einer Extremität von einem eben getödteten Thiere (am besten vom Frosche) sehr rasch und ohne jede Zusatzflüssigkeit, so erhält man leicht eine grosse Anzahl langer Fasern zur Ansicht, welche sich durch ihr optisches Verhalten bei der mikroskopischen Untersuchung sehr auffällig von allen anderen Baumitteln des Körpers unterscheiden. Sie zeigen sich als vollkommen glatt und eben contourirte, verschieden breite, ganz homogene Streifen oder Bänder, welche einen eigenthümlich matten, fettartigen Glanz besitzen. Lässt man nun, während man solche Fasern beobachtet, irgend eine wässerige Flüssigkeit von der Seite her zu dem Präparate zuströmen, so bemerkt man in dem Momente, als die Flüssigkeit mit der Faser in Berührung tritt, eine auffällige Veränderung ihres Aussehens. Es scheiden sich zuerst in den äussersten Schichten der Faser weiss glänzende Streifen und Tröpfchen ab, welche zum Theil alsbald confluiren, zum Theil aber

in den mannigfaltigsten Zeichnungen durch die ganze Dicke der Faser sich ausbreiten; manchmal bewahrt die mittlere Parthie der Faser durch längere Zeit ein mehr homogenes Aussehen. In diesem letzteren Zustande erhält man die Nervenfasern jedesmal, so oft man unter Beihülfe einer sogen. indifferenten Flüssigkeit oder 0·5 — 1proz. Chlornatriumlösung zerzupft. Sie stellen jene Typen der markhaltigen Nervenfasern dar, welche man als *dunkelrandige, doppelt contourirte*

Fig. 21.

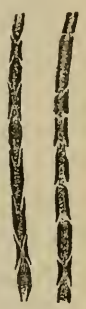


A Markhaltige Nervenfasern aus dem Schenkelnerven des Frosches, frisch mit 1proz. Kochsalzlösung präparirt; breite und schmale Arten.
B Markhaltige Nervenfaser aus derselben Quelle nach Zusatz von absolutem Alkohol.
C Zwei markhaltige Fasern aus dem Plexus nerv. sacral. des Menschen, nach mehrtägiger Einwirkung von *Müller'scher* Flüssigkeit auf denselben. Bei der linken Faser ist am unteren Ende die *Schwann'sche* Scheide sichtbar, in beiden, sowie in B der Axencylinder deutlich erkennbar.
D Marklose (*Remak'sche*) Nervenfasern aus dem sympath. Grenzstrang des Menschen.
(Hartnack Syst. VIII, Ocul. 2.)

Fasern bezeichnet. Die ganze Erscheinungsweise dieser Fasern rührt von einem Bestandtheile derselben her, dem *Nervenmark* (*Myelin*), welches wie eine Hülle (daher auch *Markscheide* genannt) den Axencylinder allseitig umgibt. Im frischen unveränderten Zustande eine vollkommen gleichartige, strukturlose, flüssige Masse, welche wegen ihres bedeutenden Gehaltes an fettartigen Bestandtheilen einen starken Lichtbrechungs-Index besitzt, wird das Nervenmark bei Hinzutritt einer wässerigen Flüssigkeit sofort von dieser durchdrungen und in verschiedene grössere oder kleinere Partikel zerlegt.

Dieser Vorgang, gewöhnlich als Gerinnung des Nervenmarkes bezeichnet, muss vielmehr als eine Art von *Emulsionirung* desselben betrachtet werden, wobei die einzelnen von einander getrennten Tropfen je nach der Dicke der Nervenfaser und sonstigen Umständen eine verschiedene Gestalt annehmen. An den breiten Nervenfasern legen sich die Marktropfen gewöhnlich flach an einander und sammeln sich zum grossen Theile an der Peripherie der Faser an, wesshalb dieselbe, entsprechend der bedeutenden Verschiedenheit des Lichtbrechungsvermögens der Marktropfen gegenüber dem der wässerigen Zusatzflüssigkeit, von einem breiten, dunkeln Contour begrenzt erscheint. Ausserdem sind im Innern der Faser in regelloser Folge Tröpfchen der verschiedensten Gestalt erkennbar. Dünnere Fasern unterscheiden sich durch einen schwächeren dunklen Contour, und häufig auch dadurch, dass die einzelnen Tröpfchen des Nervenmarkes in spindelförmiger Gestalt, nahe an einander gereiht, der Nervenfaser auf längere Strecken hin eine flach gekerbte Begrenzung verleihen — eine Erscheinung, welche man auch mit dem Ausdruck *Varicositäten* der Fasern bezeichnet. An den Rissenden der Nervenfasern sieht man gewöhnlich ein Klümpchen von Markflüssigkeit, aus einem oder mehreren Tröpfchen bestehend, ausgeflossen, und zwar mit denselben Charakteren, welche wir eben an ihnen kennen gelernt haben.

Fig. 22.



Markhaltige Nervenfasern des Frosches mit *Lantermann'schen* Segmenten. Osmiumsäure. (Hartn., Syst. VIII, Ocul. 2.)

Diese Beschaffenheit der Markscheide erhält sich so lange, bis sie nicht durch chemische Veränderungen ihrer Substanz auch eine Veränderung ihrer optischen Beschaffenheit erleidet. Dies geschieht zunächst durch alle jene Chemikalien, welche die fettigen Bestandtheile des Markes zu lösen vermögen, als: absoluter Alkohol, Aether, Chloroform, Benzin u. dgl. Es verliert durch deren Einwirkung die Nervenfaser ihre stark lichtbrechenden Eigenschaften, daher auch ihren dunkleren Contour, die Markscheide nimmt eine feinkörnige, mehr weniger durchsichtige Beschaffenheit an (Fig. 21 B). Auch Zusatz von Essigsäure zu frischen Nervenfasern benimmt der Markscheide ihre starke Lichtbrechung; ihre einzelnen Theilchen werden trüb und weniger durchsichtig, oft wie von feinen Körnchen oder Streifen durchsetzt. Aehnlich wirkt Chromsäure und chromsaures Kali, deren längere Einwirkung die Substanz des Nervenmarkes erhärtet und äusserst bröcklig macht.

Bei Behandlung mit Ueberosmiumsäure zerfällt das Nervenmark häufig auf längere Strecken der Fasern hin in eine grosse Zahl kleiner Bruchtheile von ziemlich gleichmässiger Grösse. Sie erscheinen etwa nach Art einer Reihe von in einander gesteckten Trichtern geordnet und werden als *Lantermann'sche* Marksegmente bezeichnet. Wenngleich sie mitunter auch an möglichst frisch untersuchten Nervenfasern zur Beobachtung kommen, kann man sie doch keinesfalls auf eine präformirte Struktur der Markscheide beziehen, sondern muss sie als eine postmortale Veränderung derselben betrachten.

Der *Axencylinder* erscheint (am besten nach Einwirkung von absolutem Alkohol oder Chloroform) *) als ein matt glänzender, heller, gewöhnlich strukturloser Faden, welcher von glatten und ebenen Contouren begrenzt ist, meist in der Mitte der Faser hinzieht, manchmal aber, besonders an Stellen, wo die Faser gekrümmt ist, auch nahe der Peripherie zu liegen kommt. An solchen Objekten scheint der Axencylinder einen ziemlichen Grad von Festigkeit und Starrheit zu besitzen, da er meist geradlinig oder in weiten Bögen verläuft, selten gekrümmt ist und niemals wellen- oder lockenförmige Krümmungen zeigt. Dafür spricht auch der Umstand, dass er häufig unverletzt bleibt, wenn auch die übrigen Bestandtheile der Faser zerrissen worden sind. Es ist dies besonders auffällig, wenn der Nerv vor dem Zerzupfen durch einige Tage in einer dünnen Lösung von chromsaurem Kali gelegen war. Man sieht dann häufig den Axencylinder aus den Rissenden der Nervenfasern hervorstehen (Fig. 21 C), oder kann auch isolirte Axencylinder auf längere Strecken verfolgen. Allerdings lässt sich hieraus kein Schluss auf die Consistenz des Axencylinders im lebenden Zustande ziehen.

Ueber die Struktur des Axencylinders sind die Ansichten derzeit getheilt. So viel ist sicher, dass man manchmal, aber gerade nicht in der Mehrzahl der Fälle, mit Hülfe sehr starker und guter Objektivsysteme eine feine Längsstreifung an ihm wahrnehmen kann. Während nun einige Autoren — voran *M. Schultze* — dies als den Ausdruck einer fibrillären Zusammensetzung des Axencylinders betrachten, legen viele Andere kein besonderes Gewicht darauf und glauben vielmehr, dass der Axencylinder ein röhrenförmiges Gebilde sei (seit *Remak*), dessen Wandung (*Scheide des Axencylinders*) aus einer feinen strukturlosen Membran, und dessen Inhalt aus einer homogenen, festweichen, oder dickflüssigen Substanz bestehe. Die Längsstreifung des Axencylinders wäre dann durch feine Faltungen der Scheide zu erklären. Eine zarte Querstreifung des Axencylinders, welche nach Behandlung mit Silbersalpeter stellenweise auftritt (*Frommann*), ist in ihrer Bedeutung noch unbekannt.

Eine sehr instruktive Ansicht des Axencylinders erhält man an Querschnitten von Nerven, welche man in Chromsäure oder in Ueberosmiumsäure erhärtet hat (Fig. 23). Es zeigt sich da der Axencylinder als kreisrunder oder elliptischer Fleck, welcher entweder central oder auch etwas excentrisch in dem einer jeden Nervenfaser entsprechenden, ringförmigen Durchschnitt eingelagert ist. Man kann hieraus auf die Form des Axencylinders schliessen, welche dem entsprechend bald

*) Der grossen Flüchtigkeit dieser Substanzen wegen benützt man wohl mit Vorliebe eine ätherische Lösung von Collodium.

drehrund, bald etwas abgeplattet ist. Auch die Dicke desselben zeigt sich nicht immer gleich.

Der dritte Bestandtheil der markhaltigen Nervenfasern — die *Schwann'sche Scheide (Primitivscheide, Neurilemma)* — ist ein zartes, strukturloses Häutchen, welches die ganze Nervenfaser umgibt und ziemlich zahlreiche längliche Kerne enthält. An frischen Nervenfasern ebenso wenig als wie der Axencylinder zu erkennen, lässt sich die *Schwann'sche* Scheide am besten durch Zerzupfen von Chromsäure-Präparaten demonstriren, bei welchen das bröcklig gewordene Mark durch die Rissenden der Fasern ausgefallen und die etwas erhärtete Scheide als leerer Schlauch eine kleine Strecke weit sichtbar bleibt. Auch Essigsäurezusatz zu Zupfpräparaten frischer Nerven bewirkt ab und zu ein streckenweises Abheben der *Schwann'schen* Scheide von dem veränderten Marke, und gestattet mitunter die Erkennung der sonst nur durch Färbemittel (Hämatoxylin) deutlich darzustellenden Kerne.

Fig. 23.

Theil eines senkrechten Durchschnittes durch den Nervus medianus des Menschen. (Hartnack Syst. VII, Ocul. 2.)

Die *markhaltigen Nervenfasern als Ganzes* stellen also lange cylindrische Röhren dar, deren Wandung die kernhaltige *Schwann'sche* Scheide bildet, und deren Inhalt aus dem flüssigen, fetthaltigen Marke und dem central gelegenen Axencylinder besteht. Ein Unterschied in den Bauverhältnissen sensibler und motorischer Nervenfasern lässt sich nicht erweisen. Ihr Durchmesser schwankt in sehr beträchtlichen Grenzen und kann zwischen 1—20 μ (*Kölliker*) betragen.

Nach den neuesten Ermittlungen *Schwalbe's* ist es sichergestellt, dass motorische und sensible Nervenfasern sehr grosse Schwankungen in den Kaliberverhältnissen darbieten können, dass also sowohl sensible als auch motorische Nerven sehr dicke und sehr dünne Fasern führen. Jedoch erreichen die Fasern motorischer Spinalnervenwurzeln im Allgemeinen höhere Kalibermaxima als die gleichnamigen sensiblen Wurzeln, und ist die Zahl dickerer Fasern in den ersteren grösser als in den letzteren. Hingegen hat *Schwalbe* das wichtige Gesetz erwiesen, dass

die Dicke der Nervenfasern in den Wurzeln der Spinalnerven abhängig ist von der Länge der Nervenstrecke, und zwar in der Art, dass die dicksten Nervenfasern sich in den zu den längsten Nerven gelangenden Wurzeln befinden.

Auf dem Wege gegen die Peripherie behalten die motorischen Fasern ein gleichmässiges Kaliber bei, so lange sie ungetheilt bleiben; erst in ihren Verzweigungen weisen sie kleinere Durchmesser auf. Dem gegenüber nehmen die ungetheilten sensiblen Fasern nach der Peripherie hin nicht unerheblich an Kaliber ab. Theilungen von Nervenfasern während ihres Verlaufes in den grösseren Nervenstämmen kommen in der Regel nicht vor; nur in ganz vereinzelten Fällen sind solche beobachtet worden. Sie finden sich aber sehr zahlreich in der Nähe der End-Ausbreitungen der Nerven, wobei die Spaltung sich auf alle Bestandtheile der Faser erstreckt; sie ist meistens dichotomisch, mitunter gehen aber 3—4 und mehr Aeste aus einer Faser auf einmal hervor. An solchen Theilungsstellen findet sich regelmässig eine tiefe Einschnürung der Faser.

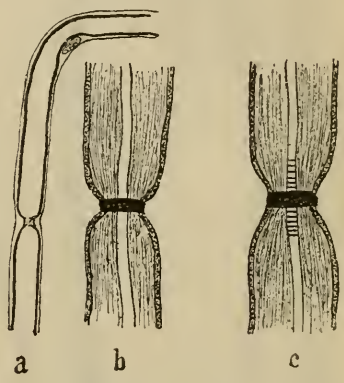
An vielen Nervenfasern, besonders an solchen, welche einzeln verlaufen, bemerkt man ausserhalb des Neurilemmas noch eine aus kernhaltigen Zellen zusammengesetzte Hülle bindegewebiger Natur (die *Adventitialscheide* oder *Perineuralscheide*).

Es ist endlich noch einiger neuerer Erfahrungen über den Bau und die Eigenschaften der markhaltigen Nervenfasern zu gedenken. *Ranvier* hat zuerst die Aufmerksamkeit auf gewisse Einschnürungen gelenkt, welche sich an frisch isolirten Nervenfasern von Strecke zu Strecke in ziemlich gleichmässigen Abständen vorfinden (an dünnen Nervenfasern sind diese Abstände kürzer als an dicken). Durch Anwendung verschiedener Methoden (besonders Pikrokarminfärbung) gelang *Ranvier* der Nachweis, dass an diesen Stellen das Nervenmark vollständig unterbrochen ist und die *Schwann'sche* Scheide ringsum bis unmittelbar an den Axencylinder heranreicht, so dass dieser gewissermassen durch eine ringförmige Einschnürung der *Schwann'schen* Scheide hindurch läuft; diese Bildungen bezeichnet er als *Schnürringe* (*anneaux constricteurs*). Gelöste Farbstoffe dringen an diesen Stellen zu dem Axencylinder und färben ihn, zunächst nur im Bereich des Schnürringes, allmälig auch auf kurze Strecken zu beiden Seiten desselben, so dass man deutlich sehen kann, wie der Farbstoff nur auf diesem einen Wege zu dem Axencylinder gelangen kann. Mark und *Schwann'sche* Scheide, namentlich auch die Schnürringe selbst bleiben farblos. *Ranvier* zieht hieraus den Schluss, dass auch die Ernährung des Axencylinders im Leben von diesen Stellen aus erfolgen müsse. Der Theil der Faser, welcher zwischen zwei Einschnürungen zu liegen kommt, besitzt stets

nur einen Kern, welcher meist genau die Mitte zwischen denselben einnimmt. An den Nervenfasern junger Thiere konnte *Ranvier* auch noch zwischen dem Nervenmark und der *Schwann'schen* Scheide eine dünne Schichte von Protoplasma nachweisen, welche bis an den Schnürring heranreicht, und in welcher der Kern eingelagert ist.

Ranvier glaubt somit den zwischen je zwei Einschnürungen gelegenen Theil der Faser als eine einkernige Zelle auffassen zu können, etwa analog einer Fettzelle, so dass die ganze Nervenfaser als eine Aneinanderreihung von solchen Zellen betrachtet werden müsste, welche an den Einschnürungsstellen mit einander verschmolzen wären. Eine Stütze für diese Annahme findet *Ranvier* darin, dass die zwischen zwei Einschnürungen gelegenen Stücke der Nervenfasern während des Wachsthums sich verlängern, und andererseits darin, dass bei Silberimprägnation sich an der Stelle des Schnürringes eine schwarze Querlinie bildet (Fig. 24 b, c), so wie an anderen Orten die Kittsubstanz zwischen zwei Zellen das Silber aufnimmt und reducirt. Ich habe nur noch hinzuzufügen, dass man auch für solche Substanzen, welche bedeutende chemische Veränderungen des Nervenmarkes hervorrufen (Alkohol, Säuren), das raschere Eindringen an den eingeschnürten Stellen constatiren kann, so dass meistens auf eine kurze Strecke diesseits und jenseits des Schnürringes sowohl die *Schwann'sche* Scheide als auch der Axencylinder deutlicher als anderswo hervortritt (Fig. 21 B).

Fig. 24.



Markhaltige Nervenfasern mit *Ranvier'schen* Einschnürungen.

a Aus dem N. ischiadicus des Hundes; frisch mit Kochsalzlösung 0.75%. (Hartnack Obj. VIII, Ocul. 2.)
b u. c Aus dem N. cruralis der Taube. Höllenstein, Hämatoxylin (nach *Hennig*). Bei c ist auch der Axencylinder mit Silber imprägnirt und zeigt eine feine Querstreifung.

Unter der Bezeichnung *Hornscheiden* haben *Kühne* und *Ewald* ein Netzwerk von feinen Fädchen beschrieben, welches einerseits zwischen *Schwann'scher* Scheide und Nervenmark, andererseits zwischen dem letzteren und dem Axencylinder sich ausbreitet. Dieses Netzwerk tritt sehr prägnant in die Erscheinung an in Alkohol gehärteten und mit Eosin tingirten Nervenfasern; es ist überdies ausgezeichnet durch seine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Trypsinverdauung. Nach neueren Untersuchungen ist es indessen fraglich geworden, ob die Hornscheiden als ein präformirtes Strukturverhältniss der Nervenfasern, oder ob sie als Erzeugnisse der angewendeten Reagentien zu betrachten seien (*Hesse, Pertik*).

Von besonderer Wichtigkeit sind die Erfahrungen, welche in neuerer Zeit über gewisse typische Veränderungen der Nervenfasern gemacht worden sind. *Sigm. Mayer* hat den Nachweis geführt, dass den Nervenfasern nicht eine perennirende, sondern nur eine beschränkte, cyklische Lebensdauer zukommt, und dass demgemäss in den normalen peripherischen Nerven eine stete Rück- und Neubildung einzelner markhaltiger Fasern von Statten geht. Die Veränderungen und Zustände, welche so betroffene Nervenfasern der Reihe nach durchmachen, sind ganz analog denjenigen, welche bei der Degeneration und Regeneration durchtrennter Nerven in dem peripherischen Stumpfe zur Beobachtung kommen.

Fig. 25.

Markhaltige Nervenfasern in Degeneration und Regeneration. (Copien nach *Sigm. Mayer.*)

Dg Degenerationszustände; die erste Faser vom N. ischiadicus des Kaninchens, die zweite und dritte vom Frosch, sämmtlich frisch in Kochsalzlösung.

Rg Regenerationszustände; aus dem N. ischiadicus der Ratte. Osmiumsäure.

Die *Rückbildung* der Nervenfasern wird nach den Ermittlungen *Sigm. Mayer's* und Anderer zunächst eingeleitet durch eine unregelmässige Zerklüftung der Markscheide; das Mark erscheint in verschieden gestalteten Bruchstücken, welche weiterhin zu grösseren und kleineren Kügelchen zerfallen. Schliesslich wandelt es sich in eine feinkörnige Masse um, in welcher noch einzelne veränderte Markpartikelchen, fettig glänzende Kügelchen und zahlreiche zerstreute oder gruppenweise angehäufte Kerne erkennbar sind. In diese Masse ist gleichzeitig der Axencylinder aufgegangen.

Der so veränderte Inhalt der *Schwann'schen* Scheide schwindet dann zum grossen Theile, so dass die Nervenfaser auf grössere oder kleinere Strecken hin collabirt, wodurch ein sehr auffallender und bezeichnender Wechsel im Kaliber der Faser entsteht. Endlich verliert sich der Inhalt der Faser bis auf spärliche Reste, welche mitunter nur bei sehr sorgsamer Untersuchung aufzufinden sind.

Die *Neubildung* der Fasern erfolgt in der zurückgebliebenen *Schwann'schen* Scheide aus den Resten der bei der Degeneration ent-

standenen feinkörnigen Masse. Fasern, welche in Regeneration begriffen sind, zeigen neben diesen Resten mehr oder weniger ausgebildet den Axencylinder und die Markscheide. Die letztere ist anfangs sehr dünn, daher die ganze Faser nur von geringem Kaliber. An ihrem äusseren Umfang liegen stellenweise kleinere oder grössere Portionen der mehrerwähnten granulirten Masse, welche sich nicht weiter an dem Aufbau der Faser betheiligen.

Die bis nun im Auge behaltene typische Form der markhaltigen Nervenfasern findet sich hauptsächlich in den Stämmen und Verzweigungen der cerebrospinalen Nerven, deren Fasern entweder ausschliesslich oder doch zum grössten Theile hierher gehören; aber auch im Bereiche des sympathischen Nervensystems kommen sie theils in grösseren Bündeln, theils mehr vereinzelt den marklosen Fasern beigemengt, vor. Die markhaltigen Nervenfasern, welche innerhalb des Gehirns und Rückenmarkes verlaufen, zeichnen sich durch den Mangel der *Schwann'schen* Scheide aus, wesshalb sie beim Zerzupfen des frischen oder leicht gehärteten Objektes meist in kleinere Stücke zerfallen und ihre Axencylinder gewöhnlich, von ihrer Markeinhüllung ganz oder theilweise entblösst, leicht sichtbar werden. Es sind daher auch diese Nervenfasern seit jeher zum Studium des Axencylinders benützt und empfohlen worden.

b) **Die marklosen Nervenfasern.** In den nervösen Centralorganen, in den peripheren Endausbreitungen der motorischen und der sensiblen Nerven, sowie in den verschiedenen Abschnitten des sympathischen Nervensystems finden sich Fasern, welche unzweifelhaft nervöser Natur sind, an denen wir aber mit unseren optischen Hülfsmitteln kein Nervenmark erkennen können, und welche dem entsprechend nicht jenen Glanz und die dunkle oder doppelte Contourirung zeigen; — sie werden aus diesem Grunde wohl auch als *blasse* Nervenfasern bezeichnet. Es gibt deren wieder verschiedene Formen.

Aus dem Grenzstrang und aus den Geflechten des Sympathicus kann man durch Zerzupfung des frischen Objektes leicht dünne, durchscheinende, fast gallertähnlich aussehende Fasern isolirt erhalten, welche von Stelle zu Stelle einen länglichen, spindelförmigen, bei Essigsäurezusatz granulirten Kern erkennen lassen (Fig. 21 D). Es sind dies Nervenfasern, welche aus einem Axencylinder und aus einer diesem eng anliegenden *Schwann'schen* Scheide bestehen; beide sind häufig nicht deutlich von einander zu unterscheiden, und es kann daher meist nur aus der Anwesenheit der charakteristischen Kerne auf das Vorhandensein einer Scheide geschlossen werden. Nach ihrem Entdecker werden diese Fasern gewöhnlich *Remak'sche Fasern* genannt. Von ganz

ähnlicher Beschaffenheit sind die Fasern aus der Verästelung des Geruchsnerven und vieler cerebrospinaler Nerven an gewissen Stellen ihrer Endausbreitungen. Nicht selten erscheint hier der Axencylinder innerhalb der *Schwann'schen* Scheide in mehrere Bündel zertheilt. Im embryonalen Zustande gehören sämmtliche Nervenfasern dieser Kategorie an; auch bei den wirbellosen Thieren ist sie die gewöhnliche Form.

Es ist nicht schwer, diese Art der Nervenfasern zu erkennen, wenn sie auf längere Strecken im isolirten Zustande beobachtet werden können; das bereits geschilderte Aussehen, die Anwesenheit vielfacher Kerne und endlich das Verhalten gegen verdünnte Säuren, unter deren Einwirkung sie zwar heller und durchsichtiger werden, aber nicht merklich aufquellen, alles das lässt sie sicher von Bindegewebsfasern unterscheiden, mit denen sie noch am ehesten verwechselt werden könnten. Ebenso leicht ist ihre Diagnose, wenn sie zu grösseren oder kleineren Bündeln vereinigt sind. Sehr schwierig und in vielen Fällen geradezu unmöglich wird es, sie zu erkennen oder zu verfolgen, wenn sie einzeln im Bindegewebe, in Muskeln u. s. w. verlaufen; für solche Fälle ist die von *Kölliker* angegebene Methode der Behandlung mit sehr stark verdünnter Essigsäure*) und die Chlorgold-Imprägnation am meisten zu empfehlen.

Eine zweite hierhergehörige Art der Nervenfasern sind die *nackten Axencylinder*. Sie entsprechen in jeder Beziehung der oben gegebenen Beschreibung dieser Gebilde und kommen meist im Gehirn und Rückenmark als direkte Ausläufer der Ganglienzellen vor. Sie verlaufen gewöhnlich über längere Strecken ungetheilt fort, können aber, wie es scheint, an gewissen Stellen sich auch dichotomisch verästigen.

Als dritte Form der marklosen Nervenfasern gilt die *Nervenprimitivfibrille* (*M. Schultze*). Es sind dies ausserordentlich feine, nur mit den stärksten Vergrösserungen wahrnehmbare, häufig netzartig angeordnete Fäserchen, welche aus der Zertheilung der Axencylinder hervorgehen und in der grauen Substanz des Gehirnes und Rückenmarkes, sowie an der letzten peripheren Ausbreitung der Nerven in grosser Zahl vorkommen. Sie sind fast nur durch gewisse Reagentien (Chlorgold, Chromsäure) deutlich sichtbar zu machen und zeigen dann meist zahlreiche punktförmige Anschwellungen in ihrem ganzen Verlaufe. Dies, sowie ihre Eigenschaft, nach Chlorgoldbehandlung sich schwarz zu färben, sind ihre gewöhnlichen Erkennungszeichen. Die völlige Sicherheit, dass man es wirklich mit Nervenfasern zu thun hat, erlangt man aber erst dann, wenn man ihren Zusammenhang mit Ganglienzellen, oder mit markhaltigen Nervenfasern nachzuweisen im Stande ist. Als ein verhältnissmässig leicht zu behandelndes Objekt kann dem Anfänger die Nervenausbreitung in der Hornhaut (am besten vom Frosch) zur ersten Orientirung empfohlen werden.

*) Auf 100 Ccm. Aqua destillata 8—16 Tropfen einer Essigsäure von 1·045 specif. Gewicht.

Ueberblickt man die verschiedenen Formen der Nervenfasern, ihre Erscheinungsweise und ihr Vorkommen, so ergibt sich, dass im Allgemeinen die gröberen und zugleich complicirter gebauten Formen (die markhaltigen) als eigentliche Leitungsbahnen zwischen den centralen und peripheren Endigungen der Nerven eingeschaltet sind, während an den beiden letzten Oertlichkeiten die feinen, einfach gebauten Formen sich finden. Den Uebergang der verschiedenen Faserarten in einander kann man sich in folgender Weise versinnlichen: Aus einer Ganglienzelle des Rückenmarkes, oder des Gehirnes tritt ein Fortsatz aus, welcher zunächst als nackter Axencylinder erscheint. Nach kürzerem oder längerem Verlauf erhält er eine Umhüllung von Nervenmark, wird also zur markhaltigen Nervenfaser, zu welcher bei ihrem Austritt aus der Substanz des Centralorganes noch die *Schwann'sche* Scheide hinzutritt. In dieser Form verläuft die Nervenfaser bis an ihre periphere Endverzweigung. Nach mehrfachen Theilungen verliert sie daselbst ihre Markhülle und wird so einer *Remak'schen* Faser ähnlich; alsbald endet auch die *Schwann'sche* Scheide, und der Axencylinder zerfällt entweder plötzlich oder unter fortgesetzter Spaltung in die Primitivfibrillen.

8) Die Ganglienzellen.

Die *Ganglienzellen* oder *Nervenzellen* sind Strukturelemente des Nervensystemes, welche einen entschieden zellenartigen Bau zeigen und an gewissen Oertlichkeiten mit den Nervenfasern zusammen vorkommen. Es wäre gewiss richtiger, sie gemeinschaftlich mit den Nervenfasern abzuhandeln, da allenthalben ein unmittelbarer Zusammenhang dieser beiden Strukturelemente besteht, Nervenfaser und Ganglienzelle also ein Continuum bilden; allein ihre scharf ausgeprägte morphologische Erscheinung, ihre Beschränkung auf ganz bestimmte, meist circumscripte Stellen und endlich ihre eigenthümliche physiologische Bedeutung dürfte es wohl rechtfertigen, wenn ihnen, wie dies gewöhnlich geschieht, eine gesonderte Besprechung gewidmet wird.

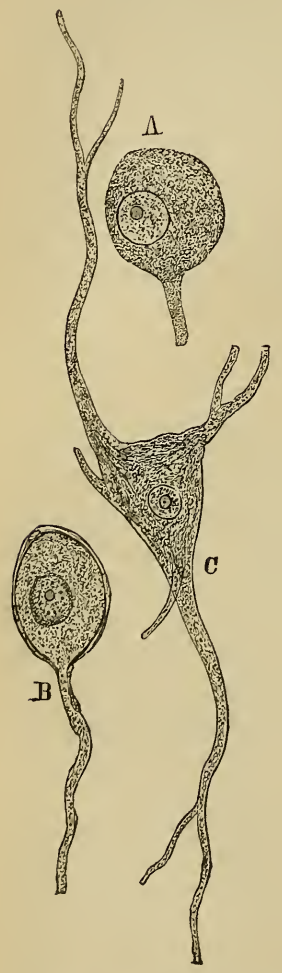
Sie erscheinen als Zellen von der verschiedensten Grösse und von der mannigfaltigsten Form, deren Körper unter Umständen ein körniges oder auch ein entschieden faseriges Aussehen zeigt und in den meisten Fällen einen oder mehrere Fortsätze absendet. Sehr gewöhnlich enthält der Körper der Ganglienzellen ein äusserst feinkörniges, gelbes oder braunes Pigment, welches zu einem Klümpchen geballt, oder auch mehr diffus im Protoplasma vertheilt ist. Auch Fetttropfen verschiedener Grösse kommen nicht selten (besonders im Ganglion *Gasseri* des Frosches) in ihm vor. Der *Zellkern* ist verhältnissmässig gross, scharf contourirt und erscheint im frischen Zustande wie ein helles durchsichtiges Bläschen, in dessen Innerem ein ziemlich grosser, kreisrunder, mattglänzender Kernkörper eingelagert ist. Nach Erhärtung in Chrom- oder Pikrinsäure, besonders schön aber nach Tinktion mit Hämatoxylin oder Safranin zeigen die Kerne der Ganglienzellen ein wohl entwickeltes

Netzgerüst. Eine äussere Umhüllung der Ganglienzellen, welche als wahre Zellmembran aufgefasst werden könnte, scheint durchaus zu fehlen.

In Bezug auf die *Grösse* der Ganglienzellen ist zu bemerken, dass sie mit zu den grössten Zellen des thierischen Körpers zählen, und dass ihre Dimensionen hauptsächlich nach den verschiedenen Fundorten wechseln. So finden wir beispielsweise für den Menschen die grössten Arten (deren Durchmesser häufig 100 μ noch bedeutend übersteigt) in den Vorderhörnern des Rückenmarkes, in der Rinde des Kleinhirns u. s. w. Andere, etwa um 50 μ herum schwankende Ganglienzellen treffen wir in den Spinalganglien, etwas kleinere, 25 — 40 μ im Durchmesser haltende in den Ganglien des sympathischen Systems und in zahlreichen peripheren Nervenausbreitungen, und endlich noch kleinere, 10—20 μ messende, in den Hinterhörnern des Rückenmarkes und an vielen Stellen des Gross- und Kleinhirns. Nach *Schwalbe's* Untersuchungen sind jugendliche Ganglienzellen — ebenso wie ihre Kerne — ganz beträchtlich kleiner als im bleibenden Zustande, wesshalb bei jungen Thieren sehr grosse Differenzen bezüglich der Dimensionen selbst an einer und derselben Stelle gefunden werden. Die *Form* der Ganglienzellen ist häufig eine kugelige oder ellipsoide, manchmal eine pyramiden- oder spindelförmige und in sehr vielen Fällen eine unregelmässig verästigte. Auch für sie ist im Allgemeinen die Oertlichkeit des Vorkommens massgebend, so dass z. B. gewisse Abschnitte des Gehirnes vorwiegend pyramidale, das sympathische System und die Spinalganglien vorwiegend rundliche, die Vorderhörner des Rückenmarkes zumeist vielstrahlige Ganglienzellen besitzen.

Die *Fortsätze* der Ganglienzellen haben zum grössten Theile die Bedeutung von Nervenfasern, zum Theil aber dienen sie zur Verbindung mehrerer Ganglienzellen unter

Fig. 26.



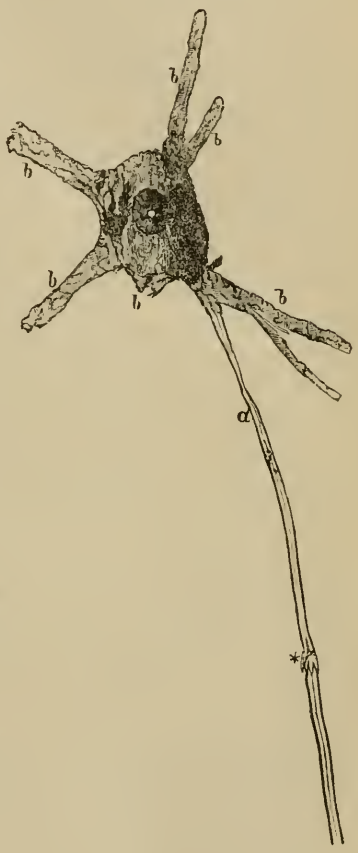
A Hüllenlose Ganglienzelle aus dem Ganglion Gasseri des Frosches mit einem kurzen Fortsatze (frisch mit 1proz. Kochsalzlösung).

B Ganglienzelle mit Fortsatz und kernhaltiger Hülle aus dem sympath. Grenzstrang des Frosches (der Kern zeigt deutlich den sog. *Eimer'schen* Körnchenkreis).

C Multipolare Ganglienzelle aus dem Vorderhorn des menschlichen Rückenmarkes. Nach 14 tägigem Liegen desselben in *Müller'scher* Flüssigkeit durch Zerzupfen isolirt. (A und B mit Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2, C mit Syst. V, Ocul. 2.)

einander. Je nach der Anzahl der von einer Zelle ausgehenden Fortsätze bezeichnet man sie als *unipolare, bipolare* und *multipolare* (ein-, zwei-, vielstrahlige) Ganglienzellen; auch *apolare*, d. h. solche, welche gar keine Fortsätze besitzen, hat man unterschieden. Es ist jedoch Grund zu der Annahme vorhanden, dass die letzteren nicht so häufig sind, als sie dem Untersuchenden sich scheinbar zeigen, da es sehr leicht möglich ist, dass ihre Fortsätze aus verschiedenen Gründen der Beobachtung sich entziehen, oder aber bei den Isolirungsversuchen abgerissen worden sind. Man hat sie auch als Jugendformen bezeichnet.

Fig. 27.



Grosse multipolare Ganglienzelle aus dem Rückenmark des Ochsen. a Axencylinderfortsatz, deutlich von den Protoplasmafortsätzen (b) im Aussehen verschieden. An demselben ist an einer beschränkten Stelle (bei *) die Anlagerung von Nervenmark sichtbar.
(Nach einer von Prof. *Gerlach* angefertigten und mir gütigst zur Verfügung gestellten Photographie copirt.)

Unipolare Zellen findet man in grosser Zahl in den Spinalganglien; hier zeigt der Fortsatz nicht selten in kurzer Entfernung von seinem Ursprung eine Theilung in zwei Fasern, welche zu dem ersteren annähernd unter einem rechten Winkel eingestellt sind (T-Faser von *Ranvier*).

Die Fortsätze der multipolaren Ganglienzellen sind entweder von homogenem oder feingestreiftem Aussehen und lassen sich auf lange Strecken hin ungetheilt verfolgen, oder sie sind von feineren oder gröberen Körnchen durchsetzt und mehrfach verästigt. Die ersteren hat man gewöhnlich als *Axencylinderfortsätze* beschrieben; von ihnen ist nachgewiesen, dass sie nach kürzerem oder längerem Verlaufe eine Markumhüllung erlangen und so zu wahren markhaltigen Fasern werden. Die letzteren, als *Protoplasmafortsätze (verästigte Fortsätze M. Schultze)* bekannt, gehen höchstwahrscheinlich zum grössten Theil in äusserst feine und dichte Netze von Primitivfibrillen über, aus welchen sich dann erst stärkere Nervenfasern herausbilden, welche in weiterer Folge markhaltig werden können (*Gerlach, Boll*). An gewissen Ganglienzellen (besonders aus dem Sympathicus des Frosches) tritt ein Fortsatz mitunter in Form der soge-

nannten *umspinnenden Faser* oder *Spiralfaser* auf. Es ist dies nichts anderes als ein Ausläufer einer Ganglienzelle, dessen Anfangsstück sich in längeren oder kürzeren Touren um einen zweiten, gerade verlaufenden Fortsatz herumwindet.

Ueber das Verhältniss der Fortsätze zu der Zellsubstanz ist man noch getheilter Meinung. Die meisten neueren Autoren neigen sich indessen der, vorzüglich durch *M. Schultze* eingeführten Anschauung zu, dass die Primitivfibrillen, welche in den einzelnen Fortsätzen der Ganglienzellen enthalten sind, die feinkörnige Substanz der letzteren durchsetzen, um in einen anderen Fortsatz einzutreten, so dass in den Ganglienzellen gewissermassen eine „Umlagerung" der Fibrillen vor sich gehen würde. Diese Anschauung findet ihre vorzüglichste Stütze in der sehr häufig zu beobachtenden streifigen Struktur gewisser Ganglienzellen, und hat das Vorhandensein eines fibrillären Baues der Axencylinder zur nothwendigen Voraussetzung. Bei Fischen findet man dieses Verhältniss in sehr exquisiter Weise, so dass *M. Schultze* von gewissen bipolaren Ganglienzellen derselben, deren Fortsätze in diametraler Richtung hervorgehen, geradezu aussagt, sie seien nichts anderes als kernhaltige Anschwellungen der Axencylinder. Für Säugethiere und Menschen ist dieser streifige Bau nur an den grossen vielstrahligen Ganglienzellen des Centralnervensystems deutlich erkennbar; an diesen hat der obengenannte Forscher sogar auch eine fibrilläre Textur der Protoplasmafortsätze nachgewiesen. Die übrigen Arten der Ganglienzellen besitzen im frischen Zustande ein sehr blasses, fast homogenes Aussehen und erlangen durch die Einwirkung verschiedener Erhärtungsmittel eine feinkörnige Trübung. Mit Hülfe sehr starker Vergrösserungen kann man dann in dem Zellkörper ein Gerüst aus feinen, gewundenen, vielleicht netzförmig zusammenhängenden Fädchen erkennen: ein Strukturverhältniss des Protoplasmas, welches sich aber keineswegs mit dem streifigen Bau der multipolaren Zellen vergleichen lässt.

Es wurde schon erwähnt, dass eine wahre Zellmembran bei den Ganglienzellen nicht vorkomme. Allerdings findet sich an vielen, ganz constant an den Zellen der sympathischen und der Spinalganglien eine selbständige Umhüllung, welche als direkte Fortsetzung der *Schwann'schen* Scheide jener Nervenfasern zu betrachten ist, welche mit den Zellen in Verbindung treten. Sie zeigt mitunter eine beträchtliche Dicke, wohl auch eine leichte concentrische Streifung und lässt nach Essigsäurezusatz eine grössere Anzahl von linsenförmigen Kernen erkennen. Sie besteht aus einer Anzahl platter, innig an einander gelagerter Bindesubstanzzellen, welche sowohl durch Isolirung (*Valentin, Kölliker*), als auch durch Silber-Imprägnation (*Eberth*) dargestellt werden konnten.

B. Die Intercellularsubstanzen.

Nachdem der vorhergegangene Abschnitt jenen Baumitteln des Thierkörpers gewidmet war, welche entweder wahre Zellen sind, oder aber aus solchen hervorgegangen, den zelligen Charakter in irgend einer Art nachweisbar erhalten haben, gelangen wir nun zu der Erörterung einer anderen Reihe von Baumitteln, welche zwischen den ersteren eingelagert, unter dem Namen der *Intercellular-* oder *Zwischensubstanzen* zusammengefasst werden. Es muss schon voraus bemerkt werden, dass man unter dieser Bezeichnung im weitesten Sinne ganz mit Recht auch die wässerig-flüssigen Körperbestandtheile begreift, soweit sie nicht zu den Se- oder Excreten gehören. Dieselben können natürlich nicht als Baumittel fungiren und auch nicht als solche Gegenstand mikroskopischer Beobachtung werden; sie kommen aber insoweit in Betracht, als sie als Vehikel für geformte Elementartheile dienen und durch ihre Anwesenheit und durch ihre Menge einen Einfluss auf die Lagerungsverhältnisse und die Formationen der umgebenden Theile zu nehmen im Stande sind. Auch kommt es vor, dass sich in ihnen nach dem Tode, sei es spontan, sei es unter dem Einfluss verschiedener Reagentien, feinkörnige oder faserige Niederschläge bilden, welche, aus Eiweiss oder Fibrin bestehend, uns gelegentlich bei der mikroskopischen Beobachtung begegnen.

Die Intercellularsubstanzen im *engeren* Sinne, welche in der That als Baumittel fungiren, erscheinen unter den mannigfachsten Formen und kommen in verschiedenartiger Weise zur Verwendung. Wenn wir, was uns vorderhand am zweckmässigsten scheint, die letztere zur Grundlage einer Klassifikation benützen, so können wir alle Intercellularsubstanzen in drei Gruppen scheiden.

a) **Die erste Gruppe,** welche seit jeher gewissermassen als Typus der Intercellularsubstanzen betrachtet worden ist, umfasst eine Reihe von Stoffen, welche theils formlos, theils mit specifischer Gestaltung versehen, insgesammt in den verschiedenen Arten der Bindesubstanzgewebe vorkommen und fast durchgehends den grössten Theil derselben ausmachen. Sie erlangen eine grosse Bedeutung dadurch, dass sie jenen Geweben Form und Gestalt verleihen, dass sie es sind, deren Eigenschaften und Fügung diese Gewebe zu den ihnen eigenthümlichen Verrichtungen im Körper befähigen. Man nennt sie daher wohl auch *Grundsubstanzen*.

Die zunächst in Betracht kommenden physikalischen Charaktere der Bindesubstanzgewebe: die Festigkeit, Härte, Dehnbarkeit, Elasticität und die Durchsichtigkeit, sind zum Theil der unmittelbare Ausfluss der specifischen Eigenschaften der in ihnen enthaltenen Zwischensubstanzen (Gallertgewebe, hyaliner Knorpel),

zum Theil sind sie zugleich abhängig von einer gewissen Textur und Anordnung der letzteren (die verschiedenen bindegewebigen Bildungen, Knochen) und endlich auch begründet in dem Ineinandergreifen und in der innigen Verwebung verschiedenartiger Formen von Zwischensubstanzen (z. B. Einlagerung von elastischem Gewebe in Bindegewebe und Knorpel).

Wir unterscheiden in dieser Gruppe zunächst:

α) die *gallertartige* Zwischensubstanz, eine homogene, zähe, dickflüssige, farblose und durchsichtige Masse, welche bei Wirbelthieren besonders in der Fötalperiode (typisch im Nabelstrang junger Embryonen) vertreten ist, im ausgebildeten Zustande derselben dem Glaskörper zukommt. Bei wirbellosen Thieren besitzt sie eine sehr weite Verbreitung. Sie ist sehr reich an Wasser, und enthält ausserdem Eiweiss und Schleimstoff im gelösten Zustande.

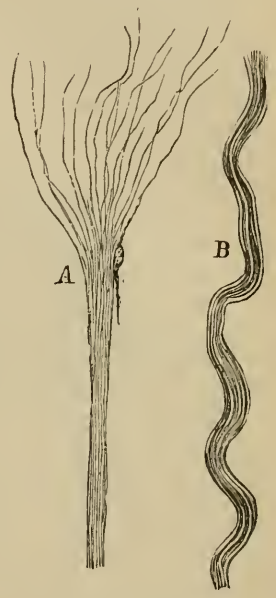
β) Als eine zweite Art ist die Substanz des *hyalinen Knorpels* zu erwähnen. Sie erscheint bei den gewöhnlichen Untersuchungsmethoden ebenfalls strukturlos, in dünneren Schichten fast vollkommen durchsichtig und farblos, in dickeren Schichten durchscheinend, bläulich-weiss gefärbt, und zeichnet sich durch einen hohen Grad von Festigkeit und Elasticität aus; sie ist dabei wenig dehnbar, jedoch ziemlich biegsam. Diese Eigenschaften verdankt die Substanz des hyalinen Knorpels ihrem Gehalt an leimgebendem Stoff (Chondrigen). Sie können aber modificirt werden, sei es durch secundäre Metamorphosen der Substanz, sei es durch einen grösseren oder geringeren Gehalt an Wasser oder an erdigen Salzen. Wir finden daher häufig an einem und demselben Körper etwas differente physikalische Eigenschaften der verschiedenen Knorpel, noch viel mehr aber, wenn wir verschiedene Altersstufen des Individuums berücksichtigen.

Bezüglich der Einwirkung chemischer Agentien ist zu erwähnen, dass diese Substanz durch schwächere Säuren und Alkalien nur sehr langsam angegriffen, durch längere Einwirkung concentrirter Salzsäure vollständig gelöst wird. Nach mehrstündigem Kochen in Wasser oder in verdünnten Säuren löst sie sich unter Bildung von Knorpelleim ebenfalls vollkommen auf. Nach den Erfahrungen *Tillmanns'* kann die frische, normale Knorpelsubstanz durch übermangansaures Kali oder 10proz. Kochsalzlösung oder auch durch Trypsinverdauung in Fasern und Faserbündel zerklüftet werden. Es muss daher angenommen werden, dass die Substanz des hyalinen Knorpels trotz ihres scheinbar ganz homogenen Aussehens eine fibrilläre Struktur besitzt, womit nach *v. Ebner* auch ihr Verhalten bei polarisirtem Licht in Einklang zu bringen ist.

γ) Drittens zählen wir hierher die *leimgebende Substanz des fibrillären Bindegewebes*. Sie ist in ihrer typischen Erscheinung von deut-

lich faserigem Bau, ihr Formelement stellt ein fast unmessbar dünnes Fädchen, *die Bindegewebsfibrille* (Fig. 28 A) dar, deren mehrere gewöhnlich zu einem dickeren oder dünneren, drehrunden oder abgeplatteten Bündel zusammengekittet sind. Diese Fibrillenbündel, gewöhnlich Bindegewebsbündel genannt (B), sind ausgezeichnet durch eine den Einzelnfibrillen entsprechende, der Länge nach gehende, bald mehr bald weniger hervortretende Streifung, durch blasse, aber scharfe und glatte Seitencontouren und durch ihre Neigung, einen korkzieherähnlichen, lockigen Verlauf anzunehmen, sobald sie aus ihrer natürlichen Verbindung gelöst, oder überhaupt einer Spannung nicht unterworfen sind. Sie sind dabei äusserst weich und biegsam, doch, wie es scheint, für sich der Länge nach wenig dehnbar. Im polarisirten Lichte erweisen sie sich doppeltbrechend, positiv einaxig — die Axe nach der Länge der Fibrillen gerichtet. Bei Zusatz von Wasser quellen sie erst nach längerer Zeit und nicht sehr stark auf, verlieren jedoch viel von ihrer früheren Durchsichtigkeit. Durch verschiedene Reagentien (Kalk- oder Barytwasser, 10proz. Kochsalzlösung) wird die Kittmasse der Bündel zerstört, und es lassen sich dann leicht die einzelnen Fibrillen darstellen. Höchst eigenthümlich ist das Verhalten der Bindegewebsbündel zu stark verdünnten Säuren. Die erste Veränderung bei Zusatz von verdünnter Essigsäure besteht darin, dass sie sich gerade strecken und bedeutend verkürzen (vielleicht wegen des Mucingehaltes der Kittsubstanz), während sie nach der Breite zunächst ein wenig zunehmen. Zugleich bemerkt man, dass die einzelnen das Bündel zusammensetzenden Fibrillen, welche früher parallel mit den äusseren Contouren des Bündels verliefen, nun stark wellig geschlängelt sind, ähnlich wie häufig die Nervenfaserbündel im Nerven erscheinen. In Folge dieses Umstandes tritt eine scheinbare, mitunter höchst auffallende Querstreifung der Bündel hervor. Dieses Stadium der Säurewirkung ist rasch vorübergehend, überhaupt nur bei vorsichtigem Zusetzen sehr schwacher Säuren bemerkbar. Bald verbreitert sich das Bündel sehr erheblich,

Fig. 28.



A Bindegewebsbündel aus einer Muskelsehne eines halbjährigen Kindes, nach oben zu in die Fibrillen aufgelöst; an der rechten Seite eine spindelförmige Bindesubstanzzelle.
B Bindegewebsbündel aus dem subcutanen Bindegewebe des erwachsenen Menschen. (Beide frisch mit 1proz. Kochsalzlösung präparirt.) (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

blasst stark ab und erhält eine ganz homogene Beschaffenheit. Wenn man nach kurzer Dauer der Einwirkung die Essigsäure durch Kochsalzlösung verdrängt, kann man das frühere Aussehen der Bindegewebsbündel wieder herstellen. Gewisse Modifikationen in diesen Quellungserscheinungen sollen weiter unten Erwähnung finden.

Durch alkalische Flüssigkeiten werden die Bindegewebsbündel unter vorhergehender Quellung bald vollständig aufgelöst. Ebenso bei der Trypsinverdauung. Beim Kochen mit Wasser oder verdünnten Säuren lösen sie sich unter Entstehung von Leim (Glutin) auf.

Ist nun die elementare Formation des leimgebenden Bindegewebes, die Fibrille und das Fibrillenbündel, fast allerwärts von derselben Beschaffenheit, so sind doch die Gewebe, welche durch sie zusammengesetzt werden, mit verschiedenen physikalischen Charakteren ausgestattet; man betrachte eine Fascie oder Aponeurose gegenüber dem lockeren subcutanen Bindegewebe. Solche Differenzen sind wesentlich begründet in der relativen Menge der zu dem Aufbau eines Gewebes verwendeten Bündel und in der verschiedenartigen Anordnung derselben. Um sich darüber eine zutreffende Vorstellung zu machen, vergleiche man nur, wie ein Weber aus einem und demselben Faden bald ein weiches, dehnbares Netz, bald ein festes Tuch oder einen derben, unnachgiebigen Strang zu gestalten vermag.

Von der eben besprochenen typischen Gestaltung der leimgebenden Bindegewebssubstanz zur Fibrille gibt es jedoch einzelne Ausnahmen, insofern, als man in gewissen zarten Bindegewebshäutchen (Adventitia der kleinsten Arterien, zum Theil im intermuskulären Bindegewebe) solche nicht mehr oder nur sehr spärlich nachzuweisen vermag. Allerdings ist auch keineswegs sichergestellt, dass diese Häutchen wirklich leimgebender Natur sind.

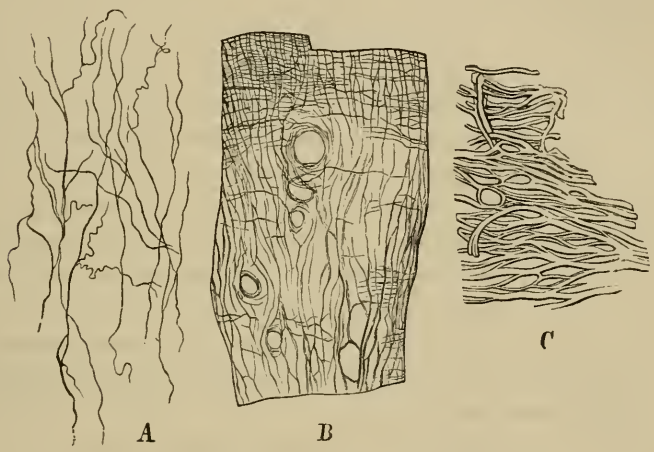
δ) Als vierte Form innerhalb der uns beschäftigenden Gruppe der Zwischensubstanzen nennen wir die *elastische Substanz.* Sie trägt ihren Namen von einer ihrer hervorragendsten Eigenschaften, welche darin besteht, dass sie mit einer grossen Festigkeit einen hohen Grad von Elasticität und Federkraft vereint. Sie kommt in verschiedenen Gestaltungen vor: das eine Mal als lange, breitere oder schmälere drehrunde Faser, welche sich ab und zu zerspaltet, das andere Mal in Form von engen oder weiten Fasernetzen, häufig auch als dünne, von mehrfachen Oeffnungen durchbrochene Platte.

Die *elastische Faser* zeigt sich unter dem Mikroskope völlig homogen, von scharfen Contouren begrenzt, stark lichtbrechend, daher bei einer bestimmten Einstellung der Mikroskopröhre dunkel, bei einer anderen hellglänzend. Durch Maceration in Kalilauge (35 %) konnte *Schwalbe* an den elastischen Fasern eine zarte periphere Hülle oder Scheide nachweisen, welche sich gegen dieses Reagens widerstandsfähiger zeigte, als die stark lichtbrechende, aus Elastin bestehende centrale Substanz der Faser. Sie verlaufen häufig über lange Strecken

gerade oder in weitem Bogen, können aber ein anderes Mal in zahlreiche scharfe Biegungen gelegt erscheinen; namentlich an ihren Rissenden sind sie gewöhnlich spiralig eingerollt. Verästigungen solcher Fasern gehören zur Regel.

Die *elastischen Netze* kann man als feinere und gröbere unterscheiden. Die ersteren sind das eine Mal sehr dicht und engmaschig, in welchem Falle sie dem Gewebstheile, in welchem sie vorkommen, eine derbe Consistenz und ein undurchsichtiges, leicht gelblich gefärbtes Aussehen verschaffen (z. B. Netzknorpel, grosse Arterien u. s. w.). In anderen Fällen umspinnen sie in weiten Maschen irgend eine Bindegewebs- oder Muskellage und treten dann nicht so auffallend in die

Fig. 29.



Isolirte Formen der elastischen Substanz.

A Feines Netzwerk aus der mittleren Haut der Arteria radialis des Menschen.
B Elastische Platte aus der mittleren Haut der Arteria subclavia des Menschen.
C Grobes Netzwerk aus der Grenzschichte zwischen mittlerer und äusserer Haut der Arteria cruralis des Menschen. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

Erscheinung (Fig. 29 A). Die gröberen elastischen Netze bestehen aus starken flachen Fasern, welche an den Verästigungsstellen häufig eine erhebliche Verbreiterung erkennen lassen und verhältnissmässig kleine rundliche Lücken begrenzen (Fig. 29 C). In exquisiten Fällen stellen sie einen deutlichen Uebergang zu *elastischen Platten* dar. Diese letzteren gehen wahrscheinlich alle aus elastischen Netzen hervor durch allmälige Verbreiterung und Verschmelzung der Fasern. Sie sind stets sehr dünn und durchsichtig, theils von homogenem, theils von leicht streifigem Aussehen (Fig. 29 B), manchmal wie durch aufgelagerte Fasern oder Netze deutlich gerippt. Sie besitzen im isolirten Zustande meist sehr scharfe Contouren, sind niemals von rundlicher, sondern stets von eckiger Form, häufig mit den Rändern umgeschlagen oder

eingerollt. Fast constant sieht man in ihnen einzelne, oder auch zahlreiche grössere oder kleinere, runde, scharfrandige Löcher — ein Befund, welcher zu ihrer Bezeichnung als *gefensterte Häute* (*Membranae fenestratae*) Veranlassung geboten hat.

In Bezug auf die chemischen Eigenschaften ist die elastische Substanz in allen ihren Formen durch eine grosse Resistenz gegen Alkalien und Säuren ausgezeichnet. Diese Eigenschaft wird bei der mikroskopischen Untersuchung häufig ausgenützt, weil sie an sich ein gutes Kriterium für die elastische Substanz abgibt, andererseits aber, weil die Formen der letzteren nach Zerstörung oder starker Aufquellung aller übrigen Gewebstheile in Folge der Einwirkung der genannten Agentien sehr deutlich hervortreten. Bei andauernder Maceration in dünner Chromsäurelösung oder auch in Wasser (nach Eintritt der Fäulniss) ist ein querer Zerfall der Fasern in kurze Segmente beobachtet worden (*Schwalbe* u. A.). Nach längerem Kochen mit mittelstarker Kalilauge geht die elastische Substanz allmälig in einen zähflüssigen Körper über; in kochender concentrirter Kalilauge löst sie sich vollständig auf. Durch Kochen im Papinianischen Topf kann sie in eine leimartige, jedoch nicht erstarrende Masse übergeführt werden.

ε) Zum Schlusse gehört noch hierher die *Zwischensubstanz der Knochen*. Sie ist vor allen anderen Zwischensubstanzen durch eine grosse Härte und Festigkeit ausgezeichnet, mit welcher sie jedoch einen bedeutenden Grad von Elasticität vereinigt. Sie verdankt diese Eigenschaften der Beimengung einer beträchtlichen Menge von erdigen Salzen zu ihrer organischen Grundlage.

Behandelt man einen Knochen mit starker Salzsäure, so wird er nach mehrtägiger Einwirkung weich, biegsam und leicht schneidbar. Die Knochensubstanz hat dabei ihren Gehalt an Kalksalzen verloren, ihre Form und ihren Bau unverändert bewahrt. Die auf diese Weise für sich erhaltene organische Grundlage des Knochens wird als *Ossein* oder als *Knochenknorpel* bezeichnet. Setzt man einen Knochen durch längere Zeit der Glühhitze aus, so verkohlt und verbrennt seine organische Grundlage vollkommen, es bleibt der sogen. *calcinirte Knochen* zurück. Auch dieser hat den Bau und die ursprünglichen Dimensionen des Knochens im Wesentlichen erhalten, er ist aber sehr leicht, spröde und brüchig geworden. Die nach dem vollständigen Verbrennen des Knochens zurückbleibende Asche enthält vorwiegend basisch phosphorsauren Kalk neben kohlensaurem Kalk, phosphorsaurer Magnesia und Fluorcalcium.

Die früher vielfach discutirte Frage, ob die organischen Bestandtheile des Knochens mit den anorganischen chemisch verbunden, oder ob beide nur sehr innig gemengt seien, hat durch die Untersuchungen

v. Ebner's bis zu einem gewissen Grade ihre Erledigung gefunden. Diesen zufolge besteht die Zwischensubstanz des Knochens aus leimgebenden, nicht verkalkten Fibrillen, welche durch eine die Knochenerde enthaltende Kittsubstanz verbunden werden. Die Knochenfibrillen können in jeder Beziehung den Bindegewebsfibrillen an die Seite gesetzt werden; sie sind von äusserster Feinheit und zu derben, etwa 3 μ im Durchmesser haltenden Bündeln zusammengefügt. Diese Fibrillenbündel können entweder, indem sie in einfacher oder mehrfacher Lage unter zahlreichen spitzwinkligen Anastomosen mit einander verwebt sind, dünne Platten oder Lamellen formen, oder sich gleichmässig in den verschiedensten Richtungen durchflechten. Insofern, als die Fibrillenbündel in dieser zweifachen Weise die Grundlage der Knochenstruktur abgeben, muss man zweierlei Formen der Knochenzwischensubstanz, die *lamelläre* und die *geflechtartige*, unterscheiden (*v. Ebner*). Die erstere Form kommt durchwegs den ausgewachsenen Knochen zu, die letztere wird typisch in den periostalen Lagen der embryonalen Knochen gefunden.

Im polarisirten Lichte zeigt sich die Grundsubstanz des Knochens doppeltbrechend, positiv einaxig (*W. Müller, v. Ebner*).

Mit der Knochensubstanz steht die harte Masse des *Zahnbeines* (*Dentin*) in sehr naher Verwandtschaft; sie unterscheidet sich durch grössere Härte und Sprödigkeit sowie durch eine abweichende Anordnung ihrer Theilchen. Auch aus der Dentinsubstanz lässt sich der sogen. Zahnknorpel erhalten.

b) **Eine zweite Gruppe** von Zwischensubstanzen stellen die sogen. *Kittsubstanzen* dar. Sie bestehen, so viel wir wissen, aus einer struktur- und formlosen Masse, welche immer nur in relativ geringen Mengen zwischen den geformten Elementartheilen eingeschoben ist und gewissermassen ein Bindemittel für dieselben abgibt, wie der Mörtel zwischen den Ziegelsteinen. Sie bedingen daher zwar den innigen Zusammenhang, die Cohärenz der zelligen oder sonstiger geformter Elemente unter einander, nehmen aber auf die äussere Erscheinung der Gewebe und auf die physiologische Dignität derselben zumeist keinen unmittelbaren Einfluss. Die Kittsubstanzen betheiligen sich hauptsächlich bei dem Aufbau der Epithelien, Drüsen, Endothelien, der glatten Muskulatur, des Bindegewebes u. s. w., und können in eminenter Weise durch Behandlung dieser Gewebe durch salpetersaures Silberoxyd zur Anschauung gebracht werden, da sie mehr als alle anderen Körperbestandtheile die Fähigkeit besitzen, dieses Reagens an sich zu binden, daraus das metallische Silber auszufällen und sich dadurch schwarz zu färben.

c) **Als dritte Gruppe** von Zwischensubstanzen stellen wir eine Reihe von hautartigen Bildungen zusammen, welche meist zu einer

ganzen Summe von zelligen Elementen in gemeinsamer Beziehung stehen. Sie stellen zum grössten Theile Grenzhäute dar, welche entweder zwischen zwei verschiedenen Gewebsformen, namentlich epithelialen und bindegewebigen eingeschaltet sind, oder die freien Oberflächen gewisser Zellenlagen bekleiden.

Als Glieder dieser Gruppe sind zu nennen: die *Grundmembranen* der Epithelien, die *Membranae propriae* der Drüsen und die *Glashäute* (Linsenkapsel, Descemet'sche Haut). Auch die sogen. *Cuticularbildungen* sind hier zu besprechen.

Unter der Bezeichnung *Grundmembran* (*Basement membrane Bowman*) versteht man ein homogenes durchsichtiges Häutchen, welches an gewissen Bezirken der äusseren Haut und der Schleimhäute zwischen dem bindegewebigen und dem epithelialen Stratum eingelagert ist, und an Querdurchschnitten als eine helle Grenzlinie zwischen beiden erscheint. Sie werden derzeit fast allgemein nicht als selbständige Bildungen, sondern als eine Modifikation und Verdichtung der obersten Schichte der bindegewebigen Grundlage aufgefasst. An manchen Stellen, an denen sie beschrieben werden, lassen sie sich jedoch in der That isolirt darstellen, insbesondere durch Einwirkung von dünnen Natronlösungen (z. B. an den Haarbälgen). An anderen Stellen erscheint auf Querdurchschnitten zwar ein schmälerer oder breiterer heller Streif zwischen Bindegewebe und Epithel, es gelingt aber nicht, dem entsprechend eine selbständige Membran isolirt zur Ansicht zu bringen (z. B. die Lamina elastica anterior der Hornhaut).

Die *Membranae propriae* der Drüsen sind zarte, strukturlose Häutchen, welche die äussere Oberfläche der primären Drüsenformationen einhüllen und je nach der Gestalt derselben entweder als homogene Schläuche oder aber als flaschenförmig ausgezogene Bläschen erscheinen. Sie sind sehr leicht an Zupfpräparaten für sich darzustellen und wurden früher als Ausscheidungen der Drüsenzellen und als zu diesen gehörig betrachtet. Man ist jedoch jetzt mehr geneigt, für sie eine ähnliche Entstehung anzunehmen, wie für die Grundmembranen der Epithelien, mit welchen sie auch (z. B. an der Darmschleimhaut) in unmittelbarer Continuität stehen können.

Unter dem Ausdruck *Cuticularbildungen* fasst man eine ganze Reihe von hautartigen Gebilden zusammen, als deren gemeinschaftliches Kriterium angegeben wird (*Kölliker*), dass sie durch Ausscheidung einer zähflüssigen, aber sehr bald erhärtenden Substanz an gewissen Oberflächen von Zellen gebildet werden. Da sich indessen die Entstehungsweise solcher Gebilde nur schwer feststellen lässt, so ist auch bis nun kein Einverständniss darüber erzielt worden, was alles dazu zu zählen sei. Für die höheren Thierklassen ist nach *Kölliker* beispielsweise der

Basalsaum der Darmzotten hierher zu rechnen. *Waldeyer* sieht die Cuticularbildungen als epitheliale Stützsubstanzen an.

Eine Frage von grosser Bedeutung und Tragweite ist die nach der *Herkunft und Entwicklung* der Zwischensubstanzen. So viel steht fest, dass überall dort, wo sich diese Substanzen entwickeln, vorher zellige Elemente mit spärlicher homogener Zwischensubstanz vorhanden sind, und dass diese die Entstehung der Zwischensubstanzen vermitteln. Solche Zellen werden als *Osteoblasten, Chondroblasten, Inoblasten, Odontoblasten* bezeichnet. Ferner kann es als sicher erachtet werden, dass Zwischensubstanzen ebenso durch archiblastische als wie durch parablastische Zellen gebildet werden können, wenngleich die weitverbreitetsten unter ihnen und insbesondere die der ersten Gruppe entschieden parablastischer Herkunft sind. Den grössten Schwierigkeiten aber begegnet man, wenn es sich um die Entscheidung handelt, ob die Bindegewebsfibrille, die Substanz des Knochens, des Zahnbeines oder des Knorpels durch Umwandlung von Zellprotoplasma entstanden seien, oder aber ob sie sich aus einer ursprünglich flüssigen, formlosen Zwischenmasse, nicht direkt aus den präexistenten Zellen differenzirt haben.

Die Anhänger der ersteren Anschauung stellen sich die Entstehung der Zwischensubstanzen so vor, dass die peripheren Schichten der ursprünglich vorhandenen Zellen sich sowohl chemisch, als morphologisch verändern und in Zwischensubstanz umwandeln, wobei die centralen Theile der Zelle erhalten bleiben, oder die letztere als Ganzes in die Zwischensubstanz aufgehen kann. Diese Funktion der Zellsubstanz wurde durch *M. Schultze* als die *formative Thätigkeit* derselben bezeichnet. Die Fibrillen des Bindegewebes entstehen demnach als Ausläufer der präexistenten Zellen unter allmäliger Verlängerung und unter chemischer Modifikation ihrer Substanz; die Grundsubstanz des Knorpels entsteht durch chondrogene Umwandlung des Protoplasmas der Knorpelzellen, welche von der Oberfläche gegen die centralen Parthieen der Zellen vorschreitet. Aehnliches gilt von der Substanz des Knochens und des Zahnbeines.

Dieser Lehre steht eine zweite gegenüber, nach welcher die geformten Zwischensubstanzen, insbesondere die Bindegewebsbündel, durch eine Differenzirung aus einer ursprünglich homogenen Zwischenmasse sich herausbilden, ohne dass die Zellen in direkter Weise dabei betheiligt wären. Es muss constatirt werden, dass die erstere Anschauung immer mehr an sicherem Boden gewinnt, und dass namentlich in neuerer Zeit ein sehr beachtenswerthes Beweismateriale herbeigeschafft worden ist, nach welchem ein prinzipieller Unterschied zwischen Zelle und Zwischensubstanz, soweit die Genese in Frage kommt, kaum wird weiter aufrecht erhalten werden können. Nur für die elastische Substanz

dürfte es als sicher anzusehen sein, dass sie sich nicht unmittelbar aus Zellen entwickelt.

Ueber die *Lebenserscheinungen* der Zwischensubstanzen besitzen wir nur höchst dürftige Kenntnisse. Es darf als sicher betrachtet werden, dass ihnen eine active Contractilität im Gegensatze zu dem Protoplasma nicht zukommt, dass sie nirgends eine active Rolle bei Secretionsprozessen spielen und dass überhaupt die chemischen Umsetzungen in ihnen niemals so lebhaft vor sich gehen, wie in den Zellen. Eine Fett- oder Pigmentbildung, wie wir sie in den Zellen so häufig treffen, kommt in ihnen niemals vor.

Dass in den Zwischensubstanzen ein Stoffwechsel besteht, geht besonders aus den chemischen Verschiedenheiten hervor, welche sie in ihrer Zusammensetzung in verschiedenen Altersperioden aufweisen, und aus gewissen morphologischen Veränderungen, welche sie während ihrer Existenz darbieten. In ersterer Hinsicht möge auf die Untersuchungen *v. Bibra's* hingewiesen werden, welche darthun, dass der Aschengehalt der menschlichen Rippenknorpel mit dem Wachsthum fortwährend zunimmt, so dass derselbe bei einem 6 Monate alten Kinde 2·29%, bei einem Mann von 40 Jahren aber 6·1% betrug. Auch in Bezug auf morphologische Veränderungen der Zwischensubstanzen kann uns der Knorpel ein lehrreiches Beispiel liefern, wenn wir die wechselnde Menge und Massenanordnung der hyalinen Grundsubstanz in verschiedenen Altersstufen und namentlich an den Ossifikationsgrenzen in's Auge fassen.

Es darf schliesslich nicht unbemerkt bleiben, dass das Verhältniss von Zellen und Zwischensubstanzen in neuester Zeit durch *S. Stricker* und durch *C. Heitzmann* in einer von der hier vorgetragenen ganz abweichenden Weise dargestellt wird. Nach diesen Autoren bestehen die Zwischensubstanzen auch nach ihrer vollendeten Ausbildung aus lebender Materie. Zellen und Zwischensubstanzen stehen allenthalben in unmittelbarer Continuität, ja sie bilden eine einheitliche, lebendige Masse. In dieser und aus dieser können sich unter Umständen Zellen und Zwischensubstanz als typische Elemente differenziren.

II. Abschnitt.

Vom Aufbau der Körperbestandtheile.

I. Kapitel.

Der allgemeine Stütz- und Binde-Apparat des Körpers.

Die hierher zu zählenden Körperbestandtheile, *das Bindegewebe, die Knorpel* und *die Knochen,* erweisen nach vielen Seiten hin eine nahe Verwandtschaft, und ist daher ihre Aneinanderreihung aus mehrfachen Gründen berechtigt.

Zunächst ist es ihre gemeinsame Aufgabe, als mechanische Stütz- und Bindemittel des Gesammtkörpers, sowie seiner einzelnen Theile zu fungiren. Nicht minder sind sie es, welche den activen Bewegungswerkzeugen des Körpers — den Muskeln — als Haft- und Angriffspunkte dienen, also gewissermassen die passiven Bewegungsobjekte darstellen.

Ebenso wie in ihrer Verrichtung zeigt sich auch eine auffallende Analogie in Bezug auf ihren Bau und auf ihre Entstehung. Der grösseren Masse nach fast insgesammt aus Gebilden leimgebender Zwischensubstanz bestehend, sind sie in ihrer äusseren Erscheinung vorwiegend von der Beschaffenheit dieser abhängig. Die zelligen Elemente treten in ihnen sowohl nach Zahl und räumlicher Ausdehnung, als nach ihrer unmittelbaren Bedeutung für den Gesammtkörper im Allgemeinen mehr zurück, und es beziehen sich die funktionellen Leistungen dieser Zellen vorwiegend nur auf die Gewebe, deren Bestandtheile sie sind.

Ihre Abstammung gemeinschaftlich aus dem Parablast herleitend, formen sie sich wahrscheinlich alle in analoger Weise aus einer ursprünglich rein zelligen Anlage, wie bereits oben angedeutet worden ist; es können daher ihre Grundmassen als homologe Bildungen aufgefasst werden.

Die Verwandtschaft der genannten Körperbestandtheile gibt sich aber auch weiters darin kund, dass sie zum Theil in einem ganz continuirlichen Zusammenhang unter einander stehen (die Elemente des Knorpels und des Bindegewebes, des Knochens und des Bindegewebes), dass die eine Formation sich unmittelbar aus der anderen herausbilden kann (Knorpel aus Bindegewebe, pathologische Verknöcherung des Bindegewebes), und endlich noch darin, dass sie sich nicht selten in den verschiedenen Klassen und Ordnungen des Thierreiches gegenseitig substituiren (Knorpelskelet der Fische, knöcherne oder knorpelige Einlagerungen in die äussere Haut, oder besonders in die Sklera des Auges).

Durch alle diese Umstände ist es wohl gerechtfertigt, die den genannten Körpertheilen zu Grunde liegenden Gewebsformationen unter dem Namen der *Bindesubstanzgewebe* zusammenzufassen, wie dies ursprünglich von *Reichert* geschehen und später durch *Virchow* und *Donders* eingehend begründet worden ist.

Es muss jedoch hier bemerkt werden, dass ausser dem Knorpel, Knochen und Bindegewebe noch andere Formationen mit mehr oder weniger Berechtigung der Bindesubstanzgruppe zugezählt werden. Dahin gehört das *Zahnbein* (Dentin), dessen nahe Verwandtschaft mit dem Knochengewebe über allen Zweifel erhaben ist. Da es aber, wenigstens bei den höheren Wirbelthieren, nur auf eine bestimmte Oertlichkeit beschränkt ist, so soll es an der betreffenden Stelle abgehandelt werden.

Ferner wird das *adenoide Gewebe* als ein Bestandtheil der Bindesubstanzgruppe aufgeführt. Es nimmt jedoch dasselbe eine ganz abgesonderte Stellung ein und gehört seiner Verrichtung nach entschieden dem Lymphgefässsysteme zu, wesshalb es im Zusammenhange mit diesem berücksichtigt werden wird.

Endlich wird von Vielen das *Fettgewebe* in die Gruppe der Bindesubstanzgewebe eingerechnet, insofern, als es für eine besondere Modifikation des fibrillären Bindegewebes angesehen wird. Es können indessen hinreichende Beweisgründe beigebracht werden, dass dem Fettgewebe, als einem Körperbestandtheile von ganz eigenartigem Bau und von ganz bestimmter Funktion, ein selbständiger Platz in dem histologischen System eingeräumt werden müsse. Wenn wir das Fettgewebssystem im Anhang zu diesem Kapitel abhandeln, so geschieht dies aus dem Grunde, weil ihm beim Aufbau des Körpers vielfach auch eine analoge Rolle, wie den eigentlichen Vertretern des Stütz- und Bindeapparates zugetheilt ist.

I. Das Bindegewebe.

Wir unterscheiden folgende Arten desselben:

Das *fibrilläre* Bindegewebe.
Das *gallertartige* Bindegewebe.
Das *reticuläre* Bindegewebe.

1) Das fibrilläre Bindegewebe

ist unter den genannten Arten am meisten verbreitet und am längsten gekannt, daher es auch jetzt noch häufig als Bindegewebe schlechtweg

bezeichnet wird. Seine Elementartheile sind die Bindegewebsfibrille und gewisse Formen von Bindesubstanzzellen.

Wenn man das fibrilläre Bindegewebe in seinem völlig entwickelten Zustand in Betracht zieht, so sind seine Formationen und seine Eigenschaften ganz ausschliesslich durch die relative Menge und durch die Anordnung der Fibrillen bestimmt. Wie schon erwähnt, treten dieselben gewöhnlich, und zwar unter Vermittlung einer äusserst geringen Menge optisch nicht nachweisbarer, in Kalk- oder Barytwasser, auch in molybdänsaurem Ammoniak und anderen Reagentien löslichen Kittsubstanz zu drehrunden oder abgeplatteten Bündeln zusammen. Solcher einfacher Bündel sind häufig wieder mehrere zu gröberen oder zusammengesetzten Bündeln verkittet. Sie ordnen sich bald mehr oder weniger parallel, bald aber flechten sie sich in verschiedenen Winkeln und nach allen Richtungen des Raumes durch einander. Zwischen ihnen bleiben Lücken oder Räume bestehen, deren Gestalt und Grösse von der relativen Anzahl und Anordnung der Bindegewebsbündel abhängig ist.

Diese Räume, die vielbesprochenen *„Bindegewebsspalten“*, sind unter gewöhnlichen Verhältnissen sehr eng — spaltenartig — und beherbergen eine mucinhaltige, daher klebrige, leicht quellbare Flüssigkeit, welche auch als *formlose Zwischensubstanz* des fibrillären Bindegewebes beschrieben wird. Man ist im Stande, die genannten Spalten in Folge der geringen Cohärenz ihrer Inhaltsflüssigkeit durch Einblasen von Luft, unter gewaltsamer Abänderung des Verlaufes der Bindegewebsbündel, zu kugelähnlichen Blasen auszuweiten (daher der Name Zellgewebe — Textus cellulosus der Alten), ebenso wie färbende Flüssigkeiten, welche unter grösserer oder geringerer Gewaltanwendung eingetrieben worden sind, sich in ihnen ausbreiten und ansammeln können. Dieselben Räume sind es auch, welche während des Lebens unter gewissen abnormen Verhältnissen durch Anhäufung einer oft sehr beträchtlichen Menge von blutserumartiger Flüssigkeit in hohem Grade ausgeweitet werden (*Oedembildung*). An einer anderen Stelle (siehe Lymphgefässsystem) wird noch des Näheren auseinanderzusetzen sein, dass die formlose Zwischensubstanz den Raum zwischen den geformten Elementen des Bindegewebes nicht immer vollständig ausfüllt, sondern dass sie in vielen Fällen von einem ganz eigenthümlichen Kanalsystem (Saftkanälchen) nach allen Richtungen hin durchzogen ist.

Von den zelligen Elementen des fibrillären Bindegewebes unterscheidet man zwei verschiedene Arten: *die fixen Bindegewebszellen* und *die Wanderzellen*. Was die ersteren anlangt, so gehören sie wesentlich zu dem Aufbau des Bindegewebes und haben demgemäss einen bestimmten, bleibenden Standort. Genaueres über ihre Lagerungsverhältnisse zu den Bindegewebsbündeln und über ihre Vertheilung ist

nicht bekannt. Es scheint, dass darin, je nach den mannigfachen Formationen des Bindegewebes, nicht unerhebliche Differenzen bestehen, dass die Zellen das eine Mal zu längeren Reihen oder kleineren Gruppen vereint, das andere Mal aber völlig vereinzelt und regellos zerstreut sich vorfinden. Vielfach scheinen sie in gewissen Intervallen den Bindegewebsbündeln unmittelbar angelagert, in anderen Fällen von der formlosen Zwischensubstanz völlig umschlossen zu sein. Für einzelne bindegewebige Bildungen (Hornhaut u. A.) ist es erwiesen, dass die Saftkanälchen ihre Lagerungsstätten abgeben. Sie gehören zumeist den ganz platten Formen (Fig. 15 A u. C) an und sind ihrer Zartheit und Durchsichtigkeit wegen nicht leicht ohne Weiteres nachweisbar, da sie an zusammenhängenden Bindegewebslagen von den Fibrillenbündeln verdeckt, an Zupfpräparaten aber meistens in mannigfacher Weise deformirt sind.

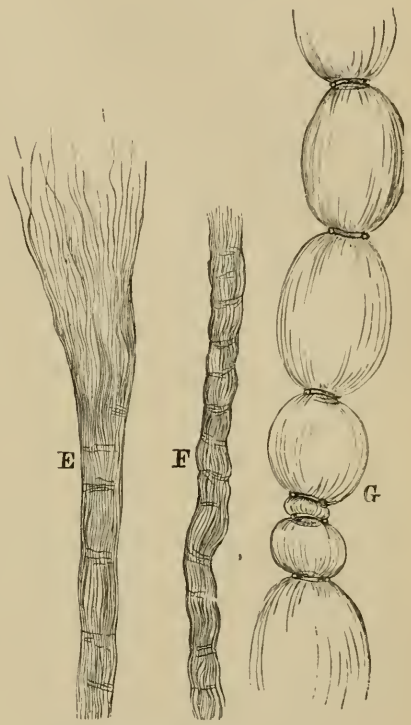
Die früher allgemein gebräuchliche Darstellungsmethode der Bindegewebszellen durch Zusatz von verdünnter Essigsäure macht uns nur ihre mehr oder weniger verunstalteten Kerne sichtbar. Will man sie möglichst unverändert zur Ansicht bekommen, so ist die Untersuchung ganz frischer, dünner Bindegewebsmembranen in toto, entweder ohne Zusatzflüssigkeit oder mit Humor aqueus oder Jodserum zu empfehlen. Auch die Finger- oder Schwanzwirbelsehnen kleiner Säugethiere (Ratten, Mäuse) eignen sich gut zu diesem Zwecke, vorzüglich nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure Es ist aber dabei unerlässlich, die ausgeschnittenen Membranen oder Sehnen so weit als thunlich in ihrer natürlichen Spannung zu erhalten. Für lockeres Bindegewebe hat *Ranvier* die Erzeugung von künstlichen Oedemen durch subcutane Einspritzung von mit Silbersalpeter versetzter Leimlösung, und die nachträgliche Behandlung dünner Abschnitte des so erzeugten Gewebstumors mit Pikrokarmin empfohlen — eine in der That ganz vortreffliche Methode, welche später durch *Flemming* und Andere noch modificirt und verbessert worden ist. Sie kann jedoch natürlich nur für das Studium der Elementartheile selbst, nicht aber zur Demonstration ihrer Anordnung in Verwendung kommen, da ja die letztere durch die künstliche Ausdehnung wesentlich alterirt wird.

In der ersten Anlage und auch noch während einer gewissen Periode der Entwicklung des Bindegewebes sind die Bindegewebszellen sämmtlich sehr reich an Protoplasma, von rundlicher, linsenförmiger oder spindeliger Gestalt. Mit der fortschreitenden Vermehrung der fibrillären Grundsubstanz ändert sich ihre Form, und sie sind genöthiget, sich mehr und mehr an die Bindegewebsbündel anzuschmiegen und so dem Raume sich anzupassen, welcher zwischen den letzteren übrig bleibt. Dadurch lässt sich ihre Abplattung, ihre verschiedenartige Krümmung und Knickung in mechanischer Weise erklären, wenngleich wir nicht wissen, ob nicht noch andere Ursachen zu diesen Gestaltveränderungen beitragen. Auch die „zusammengesetzten Platten" *Waldeyer's* kann man sich recht wohl dadurch entstanden denken, dass

eine ursprünglich rundliche Zelle zwischen mehreren Bindegewebsbündeln gewissermassen eingeklemmt wird.

Eine besondere Art von fixen Bindegewebszellen hat *Waldeyer* unter dem Namen *Plasmazellen* beschrieben. Es sind dies sehr protoplasmareiche, grobkörnige, spindelförmige oder linsenförmige Zellen, welche sich überdies nicht selten durch eine besondere Grösse auszeichnen. Sie kommen ganz sporadisch vor, sehr häufig in der Nähe kleiner Blutgefässe. Den Plasmazellen ähnlich sind die sog. *granulirten Zellen* oder *Mastzellen* (*Ehrlich*); sie unterscheiden sich von den ersteren durch die ausgezeichnete Färbbarkeit ihres Zellkörpers mit basischen Anilinfarben und durch die geringere Menge von Protoplasma. Sie finden sich besonders reichlich in entzündeten Geweben, oder bei localer Steigerung des Ernährungszustandes.

Fig. 30.



E Ein Bindegewebsbündel aus dem Subarachnoidealraum (an der Gehirnbasis) des Menschen, frisch mit 1proz. Kochsalzlösung präparirt. An einem Ende aufgefasert.
F Ein ähnliches Bündel aus demselben Orte.
G Dasselbe Bündel wie unter F, nach Essigsäurezusatz bauchig aufgequollen.
(Hartnack, System VIII, Ocul. 2.)

An manchen Oertlichkeiten treten die Zellen des Bindegewebes in eine ganz eigenthümliche Beziehung zu den Fibrillenbündeln, ein Verhältniss, welches, trotzdem es einer längst bekannten Erscheinung zu Grunde liegt, doch bis heute vielleicht noch nicht vollständig aufgeklärt ist. In dem Subarachnoidealraum, namentlich an der Basis des Gehirnes, in der Umgebung der grösseren Arterien, findet sich ein Balkensystem, welches aus ziemlich derben, verzweigten und netzartig unter einander anastomosirenden Bindegewebsbündeln besteht. Behandelt man diese im frischen Zustande mit verdünnter Essigsäure, so quellen die einzelnen Bündel beträchtlich auf, jedoch keineswegs gleichmässig, sondern sie erscheinen von Strecke zu Strecke mit tiefen Einschnürungen versehen, so dass eine rosenkranzartige Figur entsteht (Fig. 30 G). Die Schnürstellen liegen weder immer in bestimmten Abständen von einander, noch greifen sie alle gleich tief ein. Sie sind meist einfach ringförmig, manchmal

aber wie in kurzen Spiraltouren verlaufend; im Grunde der Einschnürung erscheint ein glänzender, gewöhnlich doppelt contourirter Streif. Nicht selten begegnet man auch Bündeln, welche in diesem Zustande wie von einer selbständigen, über die Einschnürungen glatt weg verlaufenden Hülle umgeben sind, welche entweder ganz homogen, oder von feinen der Länge nach ziehenden Streifen besetzt ist.

Die naheliegendste Erklärung für diese ungleichmässige Aufquellung der Bindegewebsbündel, welcher sich wohl Jedermann beim ersten Anblicke des Phänomens zuneigen dürfte, ist jene, welche vor vielen Jahren durch *Henle* gegeben worden ist. Nach ihm wäre jedes dieser Bündel durch eine oder mehrere elastische Fasern umsponnen, welche wegen ihrer Resistenz gegen die Essigsäure, dort wo sie dem Bündel anliegen, die Aufquellung desselben verhindern würden. Diese Anschauung blieb denn auch lange Zeit die allgemein geltende, wenn sie auch ab und zu modificirt und selbst ganz bestritten wurde. Erst *Rollett* erkannte in diesen umspinnenden Fasern eine von Zellen herrührende Formation, und stellte sie dem Reticulum der Lymphknoten (siehe unten) an die Seite. *Kölliker* bestätigte und stützte die Erklärung *Rollett's*, da er fand, dass bei jungen Thieren die umspinnenden Fasern sich ganz deutlich als kernhaltige, verästigte Zellen präsentiren. Später hat *Boll* eine neue Modifikation dieser Anschauung eingeführt, indem er den Nachweis lieferte, dass die die Bindegewebsbündel umgreifenden Zellen sich im Laufe der Entwicklung allmälig verbreitern, unter einander verschmelzen und sich endlich zu einer vollkommenen Membran — zu einer häutigen Scheide der Bindegewebsbündel umwandeln. Diese Scheide besitzt in ihrem chemischen Verhalten einige Aehnlichkeit mit der elastischen Substanz, und ist nicht völlig homogen, sondern besitzt in verschiedenen Richtungen lineare Verdickungen, gleichsam verästigte Rippen, welche über das Niveau der Scheide hervortreten. Indem so die letztere dem Quellungsbestreben des Fibrillenbündels nicht überall denselben Widerstand entgegensetzt und insbesondere an den Stellen, wo sie durch die Rippen verstärkt wird, eine grössere Resistenz besitzt, kommt es zu der beschriebenen ungleichartigen Quellung. Aehnlich wie an der Arachnoidea, jedoch selten so ausgeprägt, finden wir dieses Verhältniss an anderen Oertlichkeiten, z. B. in der Cutis und dem subcutanen Bindegewebe.

Auch in einer anderen Weise noch machen sich Verschmelzungen von platten Bindegewebszellen geltend, indem sie sich nicht selten zu äusserst zarten, mehr oder weniger ausgebreiteten Häutchen vereinen, welche uns dann als eine besondere Formation in dem fibrillären Bindegewebe entgegentreten.

Die zweite Art der oben genannten Zellen — *die Wanderzellen* — (vergl. S. 44) müssen als mehr oder weniger zufällige Vorkommnisse betrachtet werden. Ihre Anzahl ist je nach den verschiedenen Lebensumständen und nach der Oertlichkeit sehr verschieden, stets aber bedeutend geringer als die der fixen Zellen; ihre Vertheilung ist eine ganz unregelmässige. Die Bahn für ihre Wanderungen wird durch die Anordnung der Bindegewebsspalten, beziehungsweise durch die Saftkanälchen hergestellt.

Das fibrilläre Bindegewebe kommt nur äusserst selten in der be-

schriebenen reinen Gestalt vor, meistens erhält es eine Beigabe an elastischer Substanz, theils in Gestalt von vereinzelten dünneren oder dickeren Fasern, mehrerentheils aber von ausgebreiteten Netzen, welche den ganzen Aufbau desselben durchziehen. Häufig lässt sich keine besondere Anordnung der elastischen Fasern feststellen, an manchen Orten aber sind bestimmte Verlaufsrichtungen derselben vorwiegend.

Was nun die in dem Organismus vorkommenden *Formationen des fibrillären Bindegewebes* betrifft, so unterschied *Henle* schon im Jahre 1841 das *geformte* und das *formlose* Bindegewebe, d. h. solches, welches zu mehr oder weniger selbständigen, festeren Membranen oder Strängen geordnet ist, gegenüber demjenigen Bindegewebe, welches ohne selbständige, feste Gestaltung die verschiedenen Lücken zwischen Organen und Organtheilen ausfüllt.

In ähnlichem Sinne unterscheidet auch *Brücke* zwischen *fibrösem* und *gemeinem* Bindegewebe und zählt zu letzterem alles das, was *Henle* formloses Bindegewebe nennt, zu ersterem die Sehnen, Aponeurosen und Fascien, das Periost, die Dura mater, die Sklerotica mit der äusseren Sehnervenscheide. Das Gewebe der Cutis stellt *Brücke* zu dem gemeinen Bindegewebe.

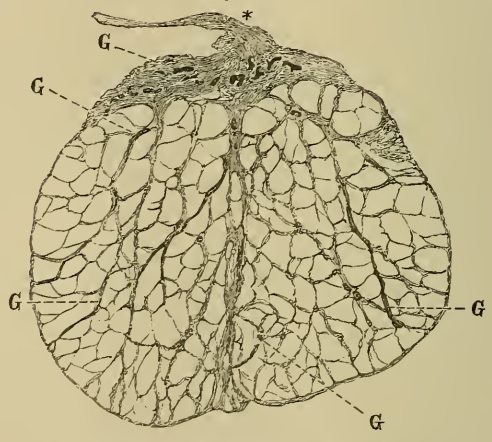
Diese Eintheilungen finden, wenngleich eine scharfe Grenze zwischen formlos und geformt keineswegs sich ziehen lässt, doch darin ihre Berechtigung, dass bei der einen Gruppe die Anordnung der Bindegewebsbündel nicht nur eine regelmässigere, sondern auch eine constantere ist, insofern als sie nur in geringem Grade und dann nur nach gewissen Richtungen hin abgeändert werden kann, während bei der anderen Gruppe die einzelnen Bündel nicht nur ziemlich regellos gelagert sind, sondern auch nach allen Richtungen sich in ausgiebiger Weise verschieben können, je nach den Lageveränderungen der unter einander verbundenen Theile. *Rollett* hat durch Maceration von Bindegewebe in Kalk- und Barytwasser die interessante Thatsache entdeckt, dass im formlosen Bindegewebe zumeist zusammengesetzte Fibrillenbündel vorkommen, im geformten hingegen vorwiegend einfache. Als eine Zwischenstufe zwischen den beiden genannten Arten muss das im Innern gewisser parenchymatöser Organe vorkommende Bindegewebe angesehen werden.

Im folgenden werden die wichtigsten Formationen des Bindegewebes beschrieben.

Die Sehnen. An ihnen kommt eine zweifache Anordnung des Bindegewebes in Betracht. Fürs erste finden wir lange, in der Richtung der Sehne ganz gerade verlaufende Bündel — die *Sehnenfascikel* — (secundäre Bündel nach *Kölliker*), dann aber eine zwischen diesen

eingelagerte Formation mit verschiedentlich durcheinanderlaufenden Fasern — *das interfasciculäre Bindegewebe.* Die ersteren sind ausgezeichnet durch eine ganz ausserordentliche Feinheit ihrer Fibrillen, durch einen ziemlich geraden, unter einander fast vollkommen parallelen Verlauf, und durch die feste und straffe Zusammenfügung derselben. Es ist desshalb in den Sehnenfascikeln die formlose interfibrilläre Zwischensubstanz nur äusserst spärlich vertreten, die Bindegewebsspalten fast verschwindend. Zwischen den Fibrillen der Sehnenfascikel kommen übrigens nach *Kölliker* noch weite Netze von äusserst feinen elastischen Fäserchen vor, welche nur durch längere Einwirkung alkalischer Zusatzflüssigkeiten sichtbar gemacht werden können.

Fig. 31.



Querdurchschnitt durch die Beugesehne der Mittelzehe, entsprechend dem Basalgliede geführt. — Mensch. Zeigt hauptsächlich die Anordnung des interfascikulären Bindegewebes. Vorhergegangene Härtung in Alkohol. Die dunkeln Stellen (G G) sind durch Injektionsmasse erfüllte Blutgefässe. Bei * ist das querdurchgeschnittene Tenaculum tendinis sichtbar. (Mit Hartnack's System II, Ocul. 2, in 12facher Vergrösserung gezeichnet.)

Die zelligen Elemente, ganz ausschliesslich der platten Form angehörig, sind in den Sehnenfascikeln zu längeren oder kürzeren Reihen aneinandergefügt (Fig. 15 C), zum Theil etwas nach der Fläche eingebogen, in der grösseren Mehrzahl aber wahrscheinlich den *Waldeyer-schen* zusammengesetzten Platten entsprechend geformt. Auf dem Querschnitte einer Sehne erscheinen sie bei stärkerer Vergrösserung in Gestalt von zarten, in den Fascikeln zerstreuten Linien, welche stellenweise zu strahligen Figuren zusammentreten. Bei Embryonen und ganz jugendlichen Individuen sind diese Zellen noch ziemlich reich an Protoplasma und vorwiegend von gestreckt spindeliger Form.

Die einzelnen Sehnenfascikel verlaufen über lange Strecken hin vollkommen von einander gesondert, können aber auch stellenweise zu

zwei oder drei unter sehr spitzem Winkel zusammenfliessen. Ueber die Zahl, über die relative Anordnung und Stärke der Sehnenfascikel kann man sich am bequemsten an Querschnitten orientiren, welche man sich aus getrockneten oder in Alkohol erhärteten Sehnen anfertigt. Alle die genannten Verhältnisse sind natürlich an verschiedenen Sehnen, ja an verschiedenen Stellen einer einzigen Sehne manchen Schwankungen unterworfen. Die Figur 31, aus der Beugesehne der Mittelzehe eines erwachsenen Mannes, mag als ein Beispiel für das am häufigsten wiederkehrende Vorkommen dienen.

Die sämmtlichen Fascikel einer Sehne sind durch eine dünne, aus vielfach überkreuzten Fibrillenbündeln geformte Bindegewebshülle umgeben und an einander gehalten. Von dieser ziehen sich gröbere und zartere Scheidewände in das Innere der Sehne hinein, welche jedes einzelne Fascikel vollkommen von den benachbarten abgrenzen, und deren Fibrillenbündel zumeist in querer oder schiefer Richtung zu der Längsaxe der Sehne verlaufen (interfascikuläres Bindegewebe). Diese Scheidewände enthalten eine ansehnliche Beimengung von elastischen Fasern, und sind zugleich die Träger der Blutgefässe, welche mit ihnen in das Innere der Sehne hineingelangen und durch die ganze Dicke derselben sich verzweigen. Die Sehnenfascikel selbst sind vollkommen gefässlos.

Auch die sog. *Tenacula tendinum*, welche sich an gewissen Oertlichkeiten als Leitgebilde für die die Sehnen versorgenden Gefässe vorfinden, stehen mit diesem bindegewebigen Septensystem, nicht aber mit den Sehnenfascikeln selbst in Zusammenhang, wie aus der vorstehenden Abbildung ersichtlich ist. Sie stellen gewissermassen eine Abzweigung des interfascikulären Bindegewebes dar.

An den Skeletmuskeln kleinerer Thiere gibt es Sehnen, welche nur aus einem einzigen Fascikel bestehen, daher keine bindegewebigen Septa und auch keine Blutgefässe in ihrem Inneren enthalten.

Die äussere, glatte Oberfläche der Sehnen ist mit zarten, schüppchenartigen, wie es scheint kernlosen Zellen bedeckt, welche auf weite Strecken hin nach Art der Endothelien an einander gelagert sind, stellenweise jedoch unregelmässige Lücken zwischen sich lassen.

In der angegebenen Weise sind alle Sehnen der willkürlichen Muskeln gebaut. Durch *Treitz* und *Kölliker* ist der Nachweis geliefert worden, dass dort, wo aus glatten Fasern bestehende Muskeln in Sehnen übergehen, die letzteren fast durchgehends aus elastischen Fasern zusammengesetzt sind.

Die *Aponeurosen* sind nichts anderes, als in eine Fläche ausgebreitete Sehnen, und verhalten sich in ihrem Bau ähnlich wie diese: die einzelnen Sehnenfascikel liegen in einer oder mehreren Schichten neben einander, verlaufen ziemlich parallel,

und sind an gewissen Stellen (Bauchmuskel-Aponeurosen) von quer oder schief hinziehenden Fascikeln durchsetzt.

Die *Gelenksbänder*, welche an ihren Ansatzstellen sich auf das innigste mit der Beinhaut verweben, zeigen in ihrem Bau ebenfalls eine grosse Verwandtschaft mit den Sehnen, jedoch findet sich nur selten ein so inniges Aneinanderhaften der, der Länge nach ziehenden sehnigen Fascikel; meist sind sie von einem reichlichen interfascikulären Bindegewebe umgeben, durch welches die Bänder auch mit den benachbarten Theilen in allseitiger Verbindung stehen. Eine Ausnahme von dieser gewöhnlichen Form — den sog. *fibrösen Bändern* — bilden die *elastischen Bänder* (lig. flava der Wirbel, lig. nuchae). Sie zeichnen sich durch einen ausserordentlich grossen Gehalt an elastischer Substanz aus, welche in Form von starken, verästigten und zu lang gestreckten Netzen vereinigten Fasern die Hauptmasse des ganzen Bandes ausmacht. Zwischen denselben bleibt nur wenig Raum für die verhältnissmässig spärlichen, locker eingestreuten Bindegewebsbündel übrig.

Die *Fascien* (*Muskelbinden*) zeigen je nach ihrem äusseren Aussehen auch eine verschiedene mikroskopische Zusammensetzung. Starke, derbe Fascien verhalten sich ähnlich den Aponeurosen; ihre Formelemente, nach bestimmten Richtungen hin regelmässig geordnet, bestehen hauptsächlich aus dicht an einander gelagerten Bindegewebsbündeln mit spärlichen und gewöhnlich ganz zarten elastischen Fasern. Die lockeren, dünnen Fascien zeigen eine geringere Regelmässigkeit in der Anordnung ihrer bindegewebigen Elemente und einen grossen Reichthum an elastischen Fasern. Alle Fascien stehen in der ganzen Ausbreitung ihrer Oberflächen mit der Umgebung in continuirlichem Zusammenhang, indem allenthalben ein Uebergang ihrer Faserbündel sowohl in das intermuskuläre, als auch in das subcutane Bindegewebe stattfindet.

Hautartige Bindegewebsformationen (*Faserhäute*, *Bindegewebshäute*) sind ausserdem in weiter Verbreitung im Körper vorhanden. Als solche sind besonders zu nennen: das *Periost*, das *Perichondrium*, die gewöhnlich als *tunica albuginea* bezeichneten Bindegewebskapseln vieler Organe; die *Mesenterien*, die *Netze*, die *Hirnhäute*, die *Hüllen der Nerven*, die *äussere Haut der Blutgefässe*, ja selbst die *Lederhaut*, die meisten *Schleimhäute* und die *serösen Membranen* können hierher gezählt werden. Die Mehrzahl von den genannten Gebilden besitzt zwar ihre besonderen Eigenthümlichkeiten, welche betreffenden Ortes zur Sprache gebracht werden sollen; alle aber stimmen darin überein, dass sie durch Bindegewebsbündel zusammengesetzt werden, welche, zu nicht sehr derben Zügen geordnet, sich nach mehreren Richtungen überkreuzen, wobei häufig eine bestimmte Richtung die vorherrschende ist. Der Antheil, welchen die elastischen Fasern an dem Aufbau der Bindegewebsmembranen nehmen, ist ein sehr verschiedener; sie fehlen nirgends gänzlich, sind aber im Allgemeinen viel reichlicher in solchen Membranen, welche nach ihrer Bestimmung und Lage einem ausgiebigen Wechsel ihrer Spannung unterworfen sind. Bezüglich der in ihnen enthaltenen, zelligen Elemente verhalten sie sich analog den Sehnen, jedoch kommen hier auch Plasmazellen häufiger vor.

Unter der Bezeichnung des **formlosen Bindegewebes** (auch areolares, gemeines, atmosphärisches Bindegewebe oder Zellgewebe genannt — neuerdings ist durch *Flemming* der Name Interstitialgewebe vorgeschlagen worden —) begreift man alle jene Ansammlungen von fibrillärem Bindegewebe, welche an und für sich keine besondere Gestaltung besitzen, sondern als Ausfüllungs- und Verbindungsmasse

zwischen benachbarten Organen oder Gewebstheilen dienen. Es ist ausgezeichnet durch eine besonders lockere, im Allgemeinen netzartige Fügung der Fibrillenbündel, zwischen denen grössere mit formloser Zwischensubstanz ausgefüllte Lücken übrig bleiben. Dabei findet man die einzelnen Bündel nach den verschiedensten Richtungen zu einander geordnet; es kann ihnen aber insofern keine ganz bestimmte Gesetzmässigkeit des Verlaufes zukommen, als sie durch gegenseitige Verschiebungen der benachbarten Theile einem fortwährenden Wechsel ihrer Lage und Richtung unterworfen sind. Dass hier häufig zusammengesetzte Bindegewebsbündel vorkommen, ist bereits erwähnt worden.

Elastische Fasern sind dem formlosen Bindegewebe meist in grosser Zahl beigemengt, doch herrscht darin je nach den verschiedenen Oertlichkeiten ein bedeutender Unterschied. Namentlich ist Bindegewebe, welches häufigen und umfangreicheren Verschiebungen ausgesetzt ist, gewöhnlich reicher an elastischen Elementen (z. B. in der Umgebung der Luft- und Speiseröhre). Auch elastische Platten finden sich an solchen Oertlichkeiten ab und zu eingestreut.

Die Zellen des formlosen Bindegewebes gehören der Mehrzahl nach den platten Formen an. Ausserdem aber begegnet man hier nicht selten den Wanderzellen und den *Waldeyer'schen* Plasmazellen. An wohlgenährten Individuen, insbesondere an gemästeten Thieren ist es eine sehr häufige und weit verbreitete Erscheinung, dass man in den Zellen des formlosen Bindegewebes Fett angesammelt findet, und zwar entweder als zahlreiche kleinere Tröpfchen, oder aber zu einer grossen Kugel geballt, um welche herum noch mitunter kleine Tröpfchen gesondert erkennbar sind. Im letzten Falle hat man es mit den sog. *Fettzellen* zu thun. Nach den Untersuchungen *Flemming's* sind es höchst wahrscheinlich die platten, fixen Bindegewebszellen, welche sich zu Fettzellen umwandeln und zwar, wie leicht zu bestätigen ist, wieder vorzüglich diejenigen, welche in unmittelbarer Nähe kleinerer Blutgefässe gelegen sind. Ist der Fetttropfen gross, also die Zelle so zu sagen ganz mit Fett erfüllt, so bietet sie ganz dasselbe Aussehen, wie eine Zelle des Fettgewebes in analogem Zustande. In Folge allgemeiner oder örtlicher ungünstiger Ernährungsverhältnisse kann die Bindegewebszelle ihr Fett wieder verlieren und zu ihrer früheren Form und Beschaffenheit zurückkehren. Die Vorgänge bei der Bildung und bei dem Wiederverbrauch des Fettes sind ganz analog wie oben für die Fettgewebszellen beschrieben worden ist. Wir können also fetthaltige Bindegewebszellen an allen Orten finden, wo formloses Bindegewebe vorkommt, und selbst in den Sehnen, Aponeurosen und Bändern etabliren sich unter den dazu geeigneten Verhältnissen Fettzellen

dort, wo zwischen den straffen sehnigen Fascikeln lockerer gewebte Bindegewebssepta eingelagert sind.

2) Das gallertartige Bindegewebe.

Als solches bezeichnen wir eine Bindegewebsart, welche durch einen grossen Gehalt an schleimhaltiger, formloser Zwischensubstanz ausgezeichnet ist. In seiner reinen Form, als *Gallert-* oder *Schleimgewebe*, ist sein Vorkommen bei den höheren Thierklassen nur ein sehr beschränktes. Die *Wharton'sche* Sulze des Nabelstranges, sowie die Substanz des Glaskörpers werden gewöhnlich dazu gerechnet. Als typische Verhältnisse seines Baues werden angeführt, dass die ganze Grundsubstanz aus der bezeichneten schleimhaltigen, formlosen Masse bestehe, und dass in dieser theils kugelige, theils sternförmig verästigte, unter einander anastomosirende Zellen eingebettet seien. Die Sulze des Nabelstranges zeigt jedoch diesen Bau nur bei sehr jungen Embryonen; bei etwas vorgeschrittener Entwicklung findet man stets schon geformte Zwischensubstanz als feine Bindegewebsfibrillen oder -bündel, welche nach den verschiedensten Richtungen die schleimige Substanz durchsetzen. Aehnliches findet man aber in frühen embryonalen Entwicklungsstufen durchaus an den Stellen, wo sich fibrilläres Bindegewebe zu bilden im Begriffe ist. Man hat solche Bindegewebsformen, welche neben einem beträchtlichen Reichthum an Zellen eine grosse Menge von schleimiger Zwischensubstanz und verhältnissmässig wenig Fibrillen enthalten, auch, und vielleicht zweckmässiger, als *embryonales* Bindegewebe bezeichnet, womit zugleich ausgedrückt ist, dass es nur eine temporäre Bedeutung besitze und eine Vorstufe des fibrillären Bindegewebes darstelle. Der Glaskörper besitzt, wie an dem betreffenden Orte gezeigt werden soll, einen complicirteren und keineswegs noch vollständig ergründeten Bau, so dass man ihn kaum schlechtweg als Typus des Gallertgewebes hinstellen kann. Es scheint uns daher zweckmässiger, mit dem Namen *gallertartiges Bindegewebe* alle jene Bindegewebsformen zu bezeichnen, welche ihrem äusseren Ansehen nach einer Gallerte ähnlich sind, beim Einschneiden leicht zerfliessen, und durch die Fällbarkeit ihrer reichlichen formlosen Zwischensubstanz durch Essigsäure, Alkohol, gewisse Metallsalze u. s. w. ihren Gehalt an Schleim bekunden. Wir müssen dann neben dem embryonalen Bindegewebe auch noch jenes hierher rechnen, welches bei Vögeln den Sinus rhomboidalis des Rückenmarkes ausfüllt, und jenes, welches mit Fettgewebsläppchen gemengt bei Säugethieren fast allgemein in dem Rückgratskanal, zwischen knöcherner Wand desselben und Dura mater spinalis eingelagert ist.

Es sei noch erwähnt, dass in gewissen pathologischen Zuständen, z. B. bei der Heilung von Wunden, eine besondere Art von Bindegewebe auftritt, welches man als *Granulationsgewebe*, auch *junges Bindegewebe* bezeichnet. Es ist ausgezeichnet durch einen sehr reichlichen Gehalt an kugeligen, Lymphkörperchen-ähnlichen Zellen, durch eine anfangs völlig homogene, jedoch nicht sehr reichliche, formlose Grundsubstanz, in welcher sich erst nach und nach eine immer zunehmende Zahl feiner Bindegewebsfibrillen nachweisen lässt. Unter fortwährender Zunahme der fibrillären Zwischensubstanz, gegenüber welcher die zelligen Elemente immer mehr zurücktreten, kann das Granulationsgewebe in das *Narbengewebe* übergehen, welches in seinem bleibenden Zustande nichts anderes, als ein dicht gefügtes, aus sich verschiedentlich überkreuzenden Bündeln hergestelltes Bindegewebe darstellt.

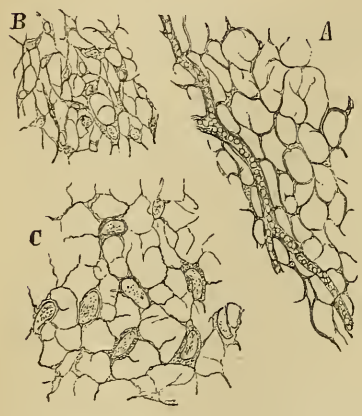
3) Das reticuläre (netzförmige) Bindegewebe.

Es ist bereits früher (S. 69) angegeben worden, dass es Bindesubstanzzellen gebe, welche durch vielfache Verästigung ihres Zellkörpers und durch Zusammenfliessen der Ausläufer benachbarter Zellen ein Netzwerk herstellen, und dass unter Umständen dieses die mechanische Aufgabe des Stützens und Verbindens übernehme, welche sonst gewöhnlich der Zwischensubstanz zukommt. So verhält es sich bei dem reticulären Bindegewebe. Es enthält keine leimgebende Substanz, sondern seine Grundlage ist ein Netz von Bindesubstanzzellen, welche allerdings nicht immer sofort als solche erkannt werden können, deren Charakter aber durch zweifellose Thatsachen sicher gestellt worden ist. Es ist dabei hervorzuheben, dass reticuläres Bindegewebe niemals für sich allein einen selbständigen Körpertheil formt, indem in den Maschenräumen seines Netzwerkes immer anders geartete Gewebselemente eingeschlossen sind, welche aber, durch dieses gestützt, in ihrer Lage erhalten werden. Als typischen Repräsentanten dieses Bindegewebes wollen wir das *Reticulum der Lymphknoten* (des adenoiden Gewebes überhaupt) hinstellen. Hat man sich aus einer beliebigen Stelle eines Lymphknotens, welcher in Chromsäure oder Alkohol mässig erhärtet worden war, einen feinen Schnitt angefertigt, so kann man durch Schütteln desselben in einer etwas Alkohol enthaltenden Eprouvette das gewünschte Objekt leicht in grösserer Ausdehnung zur Anschauung bringen. Diese Manipulation ist aus dem Grunde erforderlich, weil das reticuläre Stützgewebe der Lymphknoten in seinen Maschen eine grosse Anzahl von lymphoiden Zellen eingelagert enthält, welche selbst an sehr dünnen Schnitten, wenn man sie ohne Weiteres mikroskopisch untersucht, die zarten Zellennetze völlig verdecken. Das Schütteln des Schnittes in einer Flüssigkeit hat nun den Zweck, die Lymphzellen in möglichst schonender Weise zu entfernen. Ist dies gelungen, so sieht man bei der Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen ein

Netzwerk von blassen, kurzen Fäserchen (Fig. 32 A), welche an ausgewachsenen Individuen meist ganz homogen erscheinen und stellenweise in den Knotenpunkten, wo mehrere Fäserchen zusammenstossen, einen kleinen ovalen Kern erkennen lassen. Sie sind übrigens da breiter, dort schmäler, die zwischenbleibenden Maschen bald rundlich, bald mehr gestreckt.

Untersucht man Lymphknoten von älteren Embryonen oder von neugeborenen Thieren nach derselben Methode, so kommt der zellige Charakter dieser Fäserchen schon weit auffälliger zum Ausdruck. Man erkennt da deutlich das leicht granulirte Protoplasma in der Umgebung der erwähnten Kerne (Fig. 32 B), die von denselben nach allen Richtungen ausstrahlenden Fortsätze und ihre Verästlungen. Selbst die letzteren zeigen noch ein feinkörniges Aussehen. Ein sprechender Beweis für ihre protoplasmatische Beschaffenheit auch an ausgewachsenen Individuen ist von mir geliefert worden, indem ich nach Einspritzung feinkörnig vertheilten Farbstoffes (Anilinblau) in das Blut lebender Hunde feststellen konnte, dass die Fädchen des Reticulum ganz in derselben Weise wie die lymphoiden Zellen im Stande sind, die Farbstoffkörnchen in sich aufzunehmen.

Fig. 32.



Reticuläres Bindegewebe, durch Schütteln dargestellt.
A Aus einem Gekröslymphknoten der Katze.
B Aus einem Gekröslymphknoten eines nahezu geburtsreifen Katzenembryo.
C Aus der Thymus von Salamandra maculata.
(Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2.)

Ebenso habe ich gezeigt, dass in der Thymus niederer Wirbelthiere (Frosch, Salamander) die Zellen des Reticulum durch das ganze Leben einen ausgesprochen protoplasmatischen Charakter beibehalten (Fig. 32 C). Auch bei entzündlichen Erkrankungszuständen verhält sich das Netzwerk ganz wie eine protoplasmatische Substanz, indem dabei Schwellung und Kernvermehrung mit zu den am ersten auftretenden Erscheinungen gehören, wie durch eine, von *G. Yeo* in *Stricker's* Laboratorium vorgenommene Untersuchung erwiesen worden ist.

Ueber das Vorkommen des reticulären Gewebes an anderen Orten ist man nicht völlig im Klaren. Nach dem Vorgange *Kölliker's* hatte man früher die Stützsubstanz des Centralnervensystems hierher gerechnet. Neueren Erfahrungen zufolge ist sie auf die archiblastische Anlage des centralen Nervensystems zurückzuführen und muss daher

in die Kategorie der epithelialen Kittsubstanzen gestellt werden. Aehnliches gilt für die Stützsubstanz der Netzhaut. Hingegen kann mit grosser Wahrscheinlichkeit das Stroma der Nieren als reticuläres Bindegewebe aufgefasst werden; zweifelhaft ist es hinsichtlich des Stützgerüstes der Leberinselchen, des Ligamentum pectinatum des Auges u.s.w.

Das reticuläre Bindegewebe ist fast an allen Stellen seines Vorkommens von Blutgefässen durchzogen und zeigt zu diesen eigenthümliche Beziehungen. Seine Fädchen legen sich nemlich allerorts an die äussere Wand der kleinen Blutgefässe an und umstricken sie völlig mit ihren Netzen, so dass die Capillargefässe eine Art Adventitia (*His*) erhalten. Aehnliches geschieht dort, wo das reticuläre Gewebe an fibrilläres Bindegewebe angrenzt. Ob an solchen Stellen ein direkter Zusammenhang zwischen den Zellen des letzteren und dem Reticulum bestehe, ist nicht sicher gestellt, wird aber von einigen Autoren vermuthet.

II. Der Knorpel.

Bei den beträchtlichen Unterschieden, welche die verschiedenen Arten des Knorpels bezüglich ihrer äusseren Erscheinung und ihrer physikalischen Eigenschaften darbieten können — Unterschiede, welche in gewissen Modifikationen der Grundsubsanz ihre Erklärung finden — ist die Beschaffenheit ihrer zelligen Elemente eine in vielen Beziehungen nahe übereinstimmende.

Die *Knorpelzelle*, eine wohl charakterisirte Unterart der Bindesubstanzzellen, ist ausgezeichnet durch beträchtliche Grösse, durch kugelige oder in Folge von seitlichen Abplattungen kugelsegmentähnliche Form, und durch die völlig homogene oder sehr zart granulirte Beschaffenheit ihres Zellkörpers.

Ueber die Lebenseigenschaften der Knorpelzellen ist nicht sehr viel bekannt. Amöboide Bewegungen sind nur in einem Falle durch *Kölliker* beobachtet worden. *Heidenhain* und nach ihm *Rollett* sahen die Zellen des hyalinen Knorpels unter der Einwirkung von elektrischen Schlägen plötzlich sich verkleinern, was von dem ersteren entschieden als Gerinnungs- und Schrumpfungsprozess bezeichnet wird. Auch *Rollett* konnte diese bemerkenswerthe Erscheinung nicht für eine Lebensäusserung der Zelle erklären, weil der plötzlichen Contraction keine weitere Formveränderung mehr folgte, die Zelle vielmehr bei tagelanger Beobachtung in demselben Zustande verblieb, also wohl abgestorben war. Sehr häufig, bei älteren Individuen sogar ganz constant, findet man im Inneren der Knorpelzelle einen grösseren oder kleineren, meist gelb gefärbten Fetttropfen. Bei Embryonen und Kin-

dern in den ersten Lebensjahren habe ich niemals fetthaltige Knorpelzellen gefunden.

Die Knorpelzellen sind in Lücken oder Höhlen der Grundsubstanz eingelagert, liegen manchmal vereinzelt und scheinbar regellos zerstreut, nicht selten aber zeigen sie eine gewisse und zwar sehr charakteristische Anordnung, welche jedoch für die einzelnen Arten des Knorpels eine etwas verschiedene ist. Von ihr sind auch die mannigfachen Formverschiedenheiten der Knorpelzellen zum grossen Theile abhängig.

Für das Studium derselben eignen sich am besten feine Durchschnitte aus Knorpeln von Embryonen oder von kaltblütigen Thieren, oder die bei den Amphibien vorkommenden dünnen knorpeligen Ränder der Schulterblätter, des Brustbeines u. s. w., welche nach sorgfältiger Auslösung sofort die Untersuchung mit den stärksten Vergrösserungen gestatten. Um isolirte Knorpelzellen mit Leichtigkeit zu bekommen, wende man sich an die centralen, weichen Parthieen der Wirbelbandscheiben. Die Knorpelzellen sind gegen äussere Einwirkungen sehr empfindlich, daher es nothwendig ist, die Präparate mit indifferenten Zusatzflüssigkeiten herzustellen, wenn man sie in der natürlichen Form und Beschaffenheit zur Ansicht bekommen will. Durch Zusatz von Wasser oder stärkeren Salzlösungen bewirkt man eine auffallende Trübung und Schrumpfung des Zellkörpers, so dass der früher sehr deutliche kuglige Kern nun in den meisten Zellen nicht mehr nachgewiesen werden kann. Eine Zellmembran ist nicht vorhanden.

Man kann drei Formen des Knorpels unterscheiden: 1) den hyalinen Knorpel, 2) den Bindegewebsknorpel, 3) den elastischen Knorpel.

1) Der hyaline Knorpel.

Er stellt die im Körper am meisten verbreitete Knorpelart dar; die sämmtlichen Gelenkknorpel, die Rippenknorpel, die Knorpel der Luftröhre und Bronchien, der Schild- und Ringknorpel des Kehlkopfes, die Knorpel der Nase gehören hierher. Im Fötalzustande sind überdies die meisten Skeletknochen durch eine Knorpelanlage vorgebildet, welche aber mit der fortschreitenden Knochenentwicklung verschwindet. Mit Rücksicht auf den letzteren Umstand hat man auch die hyalinen Knorpel in *permanente* und *transitorische* eingetheilt.

In seiner typischen Beschaffenheit zeigt sich der hyaline Knorpel aufgebaut aus einer Grundsubstanz, deren Eigenschaften bereits (S. 102) Erwähnung gefunden haben, und aus Zellen, welche in *Höhlen* dieser Substanz eingebettet sind. Die letzteren sind von ganz glatten Wänden begrenzt, entweder von kugeliger, meistens aber von ellipsoidischer oder eiförmiger Gestalt. *Ihre Anordnung* ist oft genug eine scheinbar regellose, öfters aber, und zwar bei bestimmten Schnittrichtungen und in gewissen Altersperioden, findet man sie zu Reihen oder Zügen geordnet, welche mitunter fast geradlinig und unter einander parallel,

mitunter aber in gewissen Curven verlaufen, welche sich nach bestimmten Richtungen hin verfolgen lassen. Die gegenseitigen *Abstände* der einzelnen Knorpelhöhlen erscheinen an Durchschnittspräparaten sehr verschieden gross; im Allgemeinen sind sie im jugendlichen Zustande geringer als beim Erwachsenen, in den centralen Parthieen eines Knorpels gewöhnlich grösser als in den peripheren. Man darf jedoch nicht vergessen, dass dabei die Dicke des Schnittes den allergrössten Ausschlag gibt, indem natürlich um so weniger Knorpelhöhlen in den Bereich desselben fallen, je dünner er ausgefallen ist und die gegenseitigen Abstände daher um so grösser werden. Es haben darum vergleichende Angaben bezüglich der relativen Massenverhältnisse zwischen Knorpelzellen und Grundsubstanz etwas sehr missliches, besonders wenn man die höchst ungleichen *Dimensionen* der Knorpelhöhlen mit in Anschlag bringt. Ueber die letzteren lässt sich so viel aussagen, dass sie bei Embryonen und Kindern im Allgemeinen in einem und demselben Knorpel viel gleichmässiger sich verhalten, als an Erwachsenen, wobei zu constatiren ist, dass die Grösse der einzelnen Knorpelhöhlen von der ersten Embryonalanlage an bis zur Geburtsreife sich nicht bedeutend ändert, und erst von da an eine allmälig fortschreitende Zunahme erkennen lässt. Auch sind die in den mittleren Abschnitten eines Knorpels gelagerten Höhlen grösser als die der peripheren Schichten. In den letzteren sind sie meistens ganz platt oder spindelförmig und in mehrfachen Reihen parallel der Oberfläche des Knorpels geordnet.

Fig. 33.

Horizontaldurchschnitt eines Trachealknorpels von einem 40 Jahre alten Manne. Die Grundsubstanz ist nach oben zu ganz gleichartig, zeigt von der Mitte nach abwärts eine feinkörnige Einlagerung von Kalksalzen; ganz unten umschriebene Auffaserung der Grundsubstanz. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 2.)

Fasst man die einzelnen Knorpelhöhlen für sich in's Auge, so findet man zunächst häufig, dass die ihnen zunächst gelegenen Zonen der Grundsubstanz sich durch eine etwas grössere Durchsichtigkeit, mitunter auch durch Andeutung einer concentrischen Streifung von den ferner gelegenen Theilen derselben unterscheiden, so dass eine jede Knorpelhöhle wie durch einen verwaschenen, lichteren Hof umgeben scheint. Ein ähnlicher Hof kann auch mehrere benachbarte Höhlen umfassen, und dieselben gleichsam zu einer zusammengehörigen Gruppe

vereinen. Durch vorsichtige Färbung eines vorher in Alkohol entwässerten Knorpelschnittes mit Anilinroth lässt sich diese Erscheinung noch deutlicher hervorheben. Bei längerem Kochen mit Wasser oder verdünnten Säuren, sowie durch Behandlung des Knorpelschnittes mit verschiedenen Reagentien, z. B. Schwefelsäure, zerfällt seine Substanz. Dies geschieht jedoch nicht gleichmässig, man kann vielmehr im geeigneten Zeitpunkt wahrnehmen, dass die Wandschichten der Knorpelhöhlen eine grössere Resistenz besitzen, ja sich völlig isolirt erhalten lassen. Nach einiger Zeit erliegen auch sie der Einwirkung der genannten Behandlungsmittel. Daraus kann man ersehen, dass die optische Differenz der Wandschichten der Knorpelhöhlen mit einer chemischen Ungleichartigkeit gegenüber den anderen Theilen der Grundsubstanz zusammenfällt.

Diese so künstlich isolirbaren Wandschichten der Knorpelhöhlen werden als *Knorpelkapseln* bezeichnet. Es gibt nun Knorpelkapseln, welche eine einfache Höhle umschliessen, aber auch andere, welche durch dünne Scheidewände von hyaliner Substanz in zwei und mehrere Abtheilungen gebracht sind. Demgemäss beherbergt jede Knorpelkapsel auch eine oder mehrere Zellen in ihrem Inneren, und zwar kommt es sehr häufig vor, dass jede derselben in einer besonderen Abtheilung der Knorpelkapsel gelegen ist. Die einzelnen Abtheilungen solcher mehrfächeriger Knorpelkapseln, sowie die in ihnen eingeschlossenen Zellen sind meistentheils gegen einander abgeplattet, wodurch die mannigfachen Formdifferenzen der letzteren entstehen.

Die *Knorpelzellen* füllen den Raum der Knorpelhöhlen vollständig aus, wie man sich jederzeit an ganz frischen und ohne Zusatzflüssigkeit hergestellten Präparaten überzeugen kann. Längere Zeit nach dem Tode, und nach Zusatz von Wasser, Säuren u. dgl. sieht man allerdings die Zellen von der Wand der Höhlen abgehoben, häufig sogar zu kleinen, höckerigen Klümpchen zusammengeschrumpft. Abweichungen von der compacten, rundlichen oder mehr weniger abgeplatteten Form der Knorpelzellen kommen bei höheren Wirbelthieren normaler Weise nicht vor. Hingegen sind in Fällen von pathologischer Neubildung von Knorpelgewebe (Enchondrome), sowie bei gewissen niederer stehenden Thieren (Plagiostomen, Cephalopoden) sternförmig verästigte Knorpelzellen eine nicht seltene Erscheinung.

In bestimmten Altersperioden erleidet die Grundsubstanz eigenthümliche Veränderungen. Zunächst zeigt sich, insbesondere an den Rippen und Kehlkopfknorpeln — bei ersteren schon vom 4. bis 5. Lebensjahre an — eine partielle faserige Umwandlung derselben. Sie tritt stets in den centralen Parthieen zuerst auf, und zeigt sich in der Weise, dass an einzelnen, umschriebenen Stellen bündelweise straffe, gerade oder leicht gebogene Fasern erscheinen, welche sich isolirt darstellen lassen, durch Essigsäure nicht, wohl aber durch Natronlauge unter

vorhergehender Quellung aufgelöst werden. Mit dem zunehmenden Alter verbreitet sich diese Auffaserung über grosse Strecken des Knorpels, greift jedoch niemals auf die peripheren Schichten desselben über. An solchen Stellen findet man ganz besonders grosse Knorpelhöhlen, meist mit zahlreichen eingelagerten Zellen. Derartige Stellen des Knorpels sind auch schon dem freien Auge durch einen eigenthümlichen Glanz und durch eine abweichende Farbennüance erkennbar.

Eine andere, jedoch meist erst an das höhere Alter geknüpfte Erscheinung ist die mikroskopisch sichtbare Einlagerung von Kalksalzen in die Knorpelgrundsubstanz. Dieselben erscheinen in Form feiner Körnchen, welche bald diffus in der Grundsubstanz zerstreut, bald aber mehr weniger auf die Wandschichten der Knorpelkapseln beschränkt sind. Wenn sie in etwas grösserer Menge vorhanden sind, wird der Knorpel bedeutend undurchsichtiger, härter und spröder. Man bezeichnet diesen Zustand, welcher sich dort, wo Knorpel an Knochen stösst, in jedem Lebensalter und fast regelmässig vorfindet, aber auch in dem ganzen Bereich der Kehlkopf-, Luftröhren- und Rippenknorpel, vom 45. bis 50. Lebensjahre aufwärts, besonders häufig beobachtet wird, als *Verkalkung des Knorpels*. Von dieser ist wohl zu unterscheiden die Verknöcherung, welche bedeutend seltener vorkommt, und mit Bildung wahrer Knochensubstanz und rundlicher, gefässführender Markräume einhergeht.

Der Knorpel als solcher besitzt in der Regel keine eigenen Blutgefässe. Man findet jedoch, sehr reichlich an embryonalen und kindlichen Knorpeln, aber auch an denen erwachsener Personen stellenweise grössere oder kleinere, wohl auch verzweigte Kanäle, welche Blutgefässe enthalten, und von der Oberfläche her mehr oder weniger weit in das Innere des Knorpels eindringen und dort blind endigen. So sieht man mit freiem Auge an den Rippenknorpeln erwachsener Personen die hintere Fläche derselben mit vielen feinen Pünktchen besetzt, welche nichts anderes sind, als die Eintrittsstellen solcher Gefässkanäle. Bei Embryonen und Kindern findet sich an den verschiedensten Knorpeln und in gesetzmässiger Anordnung ein ganzes System von Gefässkanälen, welche, wie jüngst durch *C. Langer* genauer erörtert worden ist, mit dem Verknöcherungsprozesse in Beziehung stehen. Die Gefässkanäle des Knorpels besitzen keine besonderen, eigenen Wandschichten, sondern sind gleichsam in die Knorpelsubstanz selbst eingegraben. Meistentheils, jedoch nicht immer, bemerkt man in ihrer unmittelbaren Umgebung dieselbe Anordnung und Form der Knorpelzellen, wie sie sonst nur an der Oberfläche des Knorpels vorkommt. In der ersten Zeit der Bildung des Knorpels sind solche Kanäle noch nicht vorhanden; sie erscheinen nach *C. Langer* an den Epiphysenknorpeln der Röhrenknochen erst nach dem dritten Embryonalmonate (femur); an anderen, permanenten Knorpeln nach meinen eigenen Beobachtungen noch viel später, und zwar stets zuerst an der Oberfläche, von welcher aus sich das Perichondrium eine Strecke weit in sie hinein verfolgen lässt.

Der Inhalt der Kanäle besteht neben Blutgefässen (einer Arterie, zwei Venen, und in den grösseren einem ganzen Capillarnetze) aus einer formlosen oder leicht gestreiften Masse, in welcher man zellige Elemente in geringer Zahl nachweisen kann. Diese Zellen erscheinen theils spindelförmig, theils rundlich, und zeigen bald das Aussehen von Knorpel- oder Bindegewebszellen, bald aber mehr von lymphoiden Zellen. Nach Einigen sollen sie aus der Knorpelsubstanz, in Folge Zerfalles derselben herrühren, nach Anderen aber ausgewanderte Blutzellen sein. Den ganzen Inhalt dieser Kanäle hat man mit der nicht sehr glücklichen Bezeichnung *Knorpelmark* bedacht.

Von mehreren Autoren wurde ein System feinster Kanälchen in der Knorpelgrundsubstanz beschrieben, welche durch Behandlung des Knorpels mit Gold- und Silberlösung (*Heitzmann*), oder durch Injection farbiger Flüssigkeiten (*A. Budge*) sichtbar gemacht werden können und welche, von den einzelnen Knorpelhöhlen ausgehend, eine ausgiebige Communication der letzteren unter einander herstellen sollen. Diese Kanälchennetze sollen nach einigen (*Budge*) mit einer Flüssigkeit, nach anderen (*Heitzmann, Spina*) mit protoplasmatischer Substanz erfüllt sein, welche letztere nichts anderes als feine Ausläufer der Knorpelzellen darstellen würde.

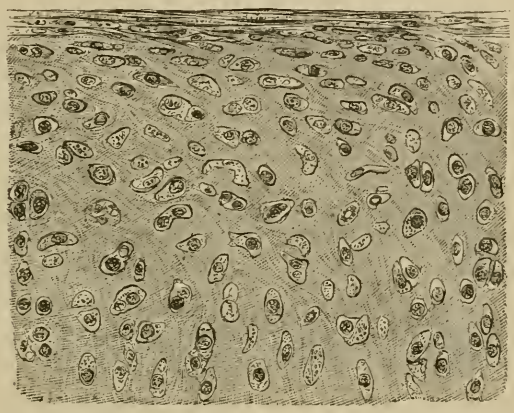
Die Oberfläche des hyalinen Knorpels zeigt je nach seiner Lage und seinen Beziehungen zu der Umgebung ein verschiedenes Verhalten. Alle Knorpel, welche als mehr oder weniger selbständige Skeletstücke fungiren (Tracheal-, Kehlkopf-, Rippenknorpel), sind an ihrer Oberfläche mit einer fibrösen Haut, dem *Perichondrium* (*Knorpelhaut*) überzogen. Dieses besteht aus dicht gefügten, in verschiedenen Richtungen gekreuzten Bindegewebsbündeln und elastischen Fasern mit eingelagerten Zellen. Es besitzt an verschiedenen Stellen eine sehr ungleiche Mächtigkeit. Nach der einen Seite hin mit dem Bindegewebe der Nachbarschaft ohne scharfe Grenze in innigem Zusammenhang, ist das Perichondrium andererseits so fest mit der Knorpelsubstanz verbunden, dass es sich ohne Verletzung dieser nicht völlig abziehen lässt.

Dieser Umstand findet im Folgenden seine Begründung. Die innersten Bindegewebsbündel des Perichondriums sind in sehr spitzen Winkeln zu der Oberfläche des Knorpels gelagert und gehen dann unmittelbar in die hyaline Substanz selbst ein, so dass es an jeder dieser Bindegewebsfasern eine Stelle gibt, an welcher sie den Charakter der hyalinen Substanz annimmt und mit dieser verschmilzt. Man kann dies besonders an embryonalen oder kindlichen Knorpeln deutlich hervorheben durch doppelte Färbung der Schnitte mit Karmin und Hämatoxylin, wobei sich die Bindegewebsbündel bis zu ihrer Umwandlungsstelle roth, von da aber blau färben. Der Zug dieser Bündel lässt sich leicht und sicher noch eine Strecke weit in den Knorpel hinein verfolgen (Fig. 34). Aehnlich wie die Bindegewebsbündel zeigen auch die Zellen des Perichondriums den allmäligen Uebergang zu den Knorpelzellen, indem sie in den äusseren Schichten desselben die gewöhnliche platte Form der Bindegewebszellen zeigen, in den innersten Lagen aber zusehends an Körper zunehmen, allmälig linsenförmig werden, und wieder entsprechend der hyalinen Umwandlung der Fibrillenbündel in wahre Knorpelzellen übergehen. Auch sie lassen sich in continuirlichen Reihen aus dem Perichondrium in die hyaline Substanz hinein ziemlich weit verfolgen. Das Perichondrium ist nicht sehr reich an

Blutgefässen, jedoch finden sich solche allenthalben und reichen mit ihrer capillaren Ausbreitung bis unmittelbar an die hyaline Substanz heran. Die Blutgefässe der Knorpelkanäle sind Abzweigungen von ihnen.

Jene Oberflächen des Knorpels, welche als Gelenkflächen dienen, sind zum grössten Theile völlig nackt, jedoch kommt an den Seitentheilen, welche nicht Contactflächen sind, eine Art endothelialer Ueberkleidung vor, welche durch Behandlung mit Silbernitrat zur Anschauung gebracht werden kann. Es zeigt sich dabei, dass sie als eine unmittelbare Fortsetzung des Endothelüberzuges der Synovialhaut zu betrachten ist, welche sich noch eine kurze Strecke weit über den Knorpel hin erstreckt.

Fig. 34.



Horizontaldurchschnitt eines Trachealknorpels von einem 4 Jahre alten Kinde sammt dem Perichondrium. Man sieht den unmittelbaren Uebergang der Bindegewebsbündel des letzteren in die hyaline Substanz und die eigenthümliche Anordnung der Zellen in den peripheren Knorpelschichten. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)

In Betreff der Entwicklung und des Wachsthums des hyalinen Knorpels ist Folgendes zu erwähnen. Die erste Anlage von Knorpelsubstanz wird im Embryo schon sehr frühzeitig beobachtet. An den Stellen, wo sich Knorpel formen soll, gewahrt man zuerst eine mehr oder weniger scharf umschriebene Anhäufung von kleinen, rundlichen Zellen, welche sich durch nichts anderes als durch ihre dichtgedrängte Anordnung von den umliegenden Zellen unterscheiden. Nach den Untersuchungen *Strasser's* an den Extremitätenknorpeln von Salamander- und Tritonenlarven entsteht dann zunächst durch theilweise Umwandlung des Protoplasmas der ursprünglichen Bildungszellen eine dichte Kittsubstanz in Form eines die Zellen trennenden *Alveolenwerkes*, welchem sich weiterhin durch den Wachsthumsdruck comprimirte Zellen und Zellentheile beimengen. Die letzteren, als *prochondrale Elemente* bezeichnet, geben sich als dunklere, zwischen den Zellen gelagerte Streifen

zu erkennen. Das Alveolenwerk und die in ihm aufgegangenen prochondralen Elemente sind die Vorläufer der eigentlichen Knorpelsubstanz, welche letztere durch direkte Umwandlung aus den ersteren entsteht (*Strasser*). Auch *Spina* kam bei neueren Untersuchungen zu analogen Resultaten. Während sich so die Grundsubstanz formt, nehmen die Zellen an Grösse zu und werden heller und durchsichtiger.

Weiterhin kommen zweierlei Momente zu berücksichtigen: die *Wandlungen im Innern des Knorpels* und *das Wachsthum desselben von der Oberfläche her*. In ersterer Beziehung beobachtet man während der allmäligen Massenzunahme der Grundsubstanz und dem damit parallel gehenden Auseinanderrücken der einzelnen Knorpelkapseln eine lebhafte Vermehrung der zelligen Elemente durch indirekte Theilung (*Schleicher*). Die nächste Folge dieser letzteren ist, dass manche Knorpelkapseln zwei Zellen beherbergen. Ist dies der Fall, so entwickelt sich sehr rasch eine dünne Scheidewand von hyaliner Substanz, durch welche jene beiden Schwesterzellen von einander getrennt werden. Wiederholt sich der Theilungsvorgang in ihnen, so hat man es mit vier neben einander liegenden, durch dünne Scheidewände von einander getrennten Zellen gemeinsamer Abkunft zu thun, welche noch zu einer Gruppe zusammengelagert und von einer gemeinschaftlichen Kapsel umschlossen sind. Durch Verstärkung einzelner oder sämmtlicher Scheidewände kann die Gruppe aufgelöst werden, während derselbe Prozess sich von jeder einzelnen Zelle aus auf's Neue wiederholen kann. Es ist also ganz einleuchtend, dass die gruppenweise Anordnung der Knorpelzellen, wie wir sie an ausgewachsenen Knorpeln finden, auf die einzelnen Zellengenerationen zurückgeführt werden muss. Dass diese Vorgänge von einer partiellen Resorption von Grundsubstanz im Innern des Knorpels begleitet sein müssen, liegt auf der Hand; doch besitzen wir darüber keine genauere Kenntniss.

Mit diesen Veränderungen im Innern des Knorpels gehen noch andere und zwar wesentlich verschiedene Vorgänge einher, welche zum Ansatz von Knorpelsubstanz an der Oberfläche führen. Es ist ein solches Wachsthum durch *Apposition* schon vor längerer Zeit durch *Bruch, Gerlach* und andere beschrieben, von der Mehrzahl der Autoren aber geleugnet worden, bis endlich auch *Kölliker* die Möglichkeit desselben für gewisse Fälle zugegeben hat. In neuerer Zeit ist insbesondere auch *Schwalbe* dafür eingetreten. Man kann sich nicht schwer an beliebigen Knorpeln von Embryonen oder Kindern die Ueberzeugung verschaffen, dass die seitliche Apposition von Knorpelsubstanz an bereits bestehende Knorpel eine ganz allgemein verbreitete Thatsache ist, und zwar geschieht sie durch direkte Verknorpelung der innersten Lagen der perichondralen Bindegewebsbündel, und gleichzeitige Um-

wandlung der dort befindlichen Bindegewebszellen zu Knorpelzellen. Ich erinnere hier an die bei Besprechung des Perichondriums angeführten Thatsachen, und auch noch daran, dass von allen neueren Autoren, welche die Regeneration der Knorpelsubstanz nach Verletzungen untersucht haben, ganz übereinstimmend bezeugt wird, dass dieselbe durch direkte Umwandlung des vorher gebildeten Bindegewebes geschehe.

Aus den vorstehenden Mittheilungen ergibt sich, dass man, soweit unsere Kenntnisse und Erfahrungen heute reichen, einen zweifachen Entstehungsmodus der Knorpelgrundsubstanz anzunehmen genöthigt ist: einmal durch Umwandlung von Zellprotoplasma und dann durch chondrogene Metamorphose von Bindegewebsbündeln. Es lässt sich nicht leugnen, dass es mit unseren allgemeinen Anschauungen über die Natur organischer Objekte nur schwer vereinbar ist, sich vorzustellen, dass ein und dasselbe Formelement sich nach verschiedenem Modus bilden könne. Allein es stehen hier auf der einen, sowie auf der anderen Seite Beobachtungen und Thatsachen, welche sich nicht einfach von der Hand weisen lassen, wenngleich ja zugegeben werden muss, dass bei Beobachtung und Beurtheilung histogenetischer Vorgänge nur allzu leicht Täuschungen unterlaufen können. Solange aber nicht nachzuweisen ist, wo die Täuschung liegt, bleibt nichts übrig, als mit diesen Beobachtungen zu rechnen. Abstrakte Klügeleien können uns nicht darüber hinweghelfen.

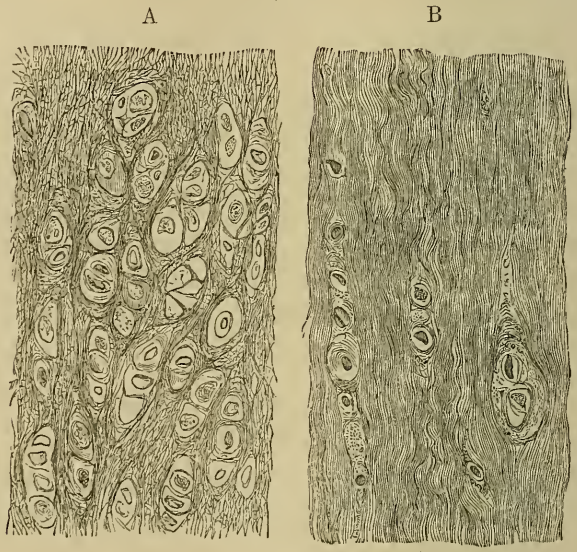
2) Der Netzknorpel (elastische Knorpel).

Er schliesst sich eng an den vorhergehenden an, insofern, als auch ihm eine hyaline, mit Knorpelhöhlen durchsetzte Grundsubstanz zukommt. Allein dieselbe ist hier von einem sehr dichten Netzwerk von feinen elastischen Fasern durchzogen, welche dem Knorpel als Ganzem eine gelbliche Farbe verleihen und seine Durchsichtigkeit erheblich beeinträchtigen. An dünnen Durchschnitten frischer, sowie in Alkohol oder Chromsäure erhärteter Netzknorpel sieht man demgemäss zwischen den hellen und durchsichtigen Knorpelhöhlen ein dichtes Gewirre von feinen dunklen Fäserchen, welche, wenn eine grössere Zahl derselben der Quere nach durchschnitten ist, auch als feine Pünktchen eingestreut erscheinen. Durch die entsprechenden Reagentien lässt sich leicht sicherstellen, dass sie der elastischen Substanz angehören.

Die Anordnung der elastischen Netze ist in verschiedenen Netzknorpeln und auch bei den verschiedenen Thieren nicht ganz übereinstimmend; namentlich die Epiglottis vieler Thiere zeichnet sich durch stärkere, aber weniger verzweigte elastische Fasern aus. Auch die Dichte der Netze ist eine in weiten Grenzen schwankende. Bemerkens-

werth ist, dass die elastischen Netze nicht in dem Knorpel selbst abgeschlossen sind, sondern dass zahlreiche Fasern sich in das Perichondrium, selbst in das umliegende Bindegewebe hinaus erstrecken. Von dem Vorhandensein der hyalinen Grundsubstanz kann man sich am leichtesten an den Rändern dünner Durchschnitte überzeugen, wo sie sich gegenüber der Zusatzflüssigkeit durch einen blassen aber deutlichen Contour abhebt. Die *Knorpelhöhlen* des elastischen Knorpels unterscheiden sich dadurch von denen des hyalinen, dass ihre Form meist eine gleichmässige, rundliche oder nur wenig in die Länge gestreckte ist, und dass sie bezüglich ihrer Grösse nur wenig von ein-

Fig. 35.



A Elastischer Knorpel. Durchschnitt durch den Knorpel der Ohrmuschel des Menschen in frischem Zustande.
B Bindegewebsknorpel. Durchschnitt aus einem Zwischen-Wirbelbande des Menschen. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

ander differiren (Fig. 35 A). Nur diejenigen, welche unmittelbar an das Perichondrium grenzen, sind kleiner und abgeplattet. Ebenso ist ihre Vertheilung eine mehr weniger gleichmässige. Von den Zellen selbst ist nicht bekannt, dass sie sich in ihren Lebenseigenschaften von jenen des hyalinen Knorpels irgendwie unterscheiden. Von den *Altersveränderungen* der Grundsubstanz, welche wir an dem hyalinen Knorpel beschrieben haben, ist an dem Netzknorpel viel weniger wahrzunehmen. Die eigenthümliche Auffaserung der hyalinen Grundsubstanz findet sich jedoch ganz gewöhnlich an umschriebenen Stellen des Ohrknorpels bei Personen mittleren und höheren Alters, wobei bemerkenswerth ist, dass an diesen Stellen die elastischen Netze verschwunden sind, wess-

halb sie schon durch ihre grössere Durchsichtigkeit sofort auffallen. Verkalkung und Verknöcherung von Netzknorpel ist nur an dem Ohrknorpel des Hundes durch *H. Müller* beobachtet worden.

In seiner ersten Anlage gleicht der Netzknorpel völlig dem hyalinen. Die elastischen Fasern fangen erst ungefähr in der Mitte des Embryonallebens an, in ihm sichtbar zu werden und zwar zuerst in unmittelbarster Nähe der Zellen als Fäserchen von äusserster Feinheit. Allmälig nehmen sie durch Verschmelzung benachbarter Fäserchen, vielleicht auch durch Volumszunahme ihrer Substanz (Intussusception) an Stärke zu.

Der Netzknorpel hat keine sehr grosse Verbreitung im Körper; der Knorpel der Ohrmuschel, des äusseren Gehörganges und der Ohrtrompeten (über diese vergleiche das Kapitel: Sinnesorgane), ferner der Knorpel des Kehldeckels, die *Wrisberg'schen* und *Santorini'schen* und zum Theil die Giessbeckenknorpel (der Processus vocalis) gehören hieher.

3) Der Bindegewebsknorpel (Faserknorpel) *).

Er zeichnet sich aus durch den völligen Mangel der chondrogenen, hyalinen Zwischensubstanz. Anstatt derselben findet man in den meisten Fällen eine fibrilläre, glutingebende Grundmasse (Fig. 35 B), welche dem Wesen nach der des fibrillären Bindegewebes gleichkommt. Demgemäss ist der Bindegewebsknorpel auch weicher und biegsamer, als die anderen Formen. Gewöhnlich sind die Fibrillen ausserordentlich fein und nur ganz locker, oder auch gar nicht, zu Bündeln vereinigt. Sie sind entweder zu parallel laufenden, oder in bestimmten Richtungen überkreuzten Zügen geordnet, oder in den verschiedensten Richtungen unregelmässig durch einander gewoben. Die zwischen ihnen gelegenen Zellen sind dem äusseren Habitus nach den gewöhnlichen Knorpelzellen völlig gleich, kommen theils einzeln, theils zu grösseren oder kleineren Gruppen vereinigt vor, sind jedoch im Ganzen verhältnissmässig spärlich und sehr ungleich vertheilt.

Der Bindegewebsknorpel findet sich an verschiedenen Stellen des Körpers, häufig aber nicht völlig umschrieben, sondern zum Theil in hyalinen Knorpel, zum Theil in fibrilläres Bindegewebe übergehend. Als seine hauptsächlichsten Fundstätten sind zu nennen: die Zwischengelenksknorpel, die Labra cartilaginea der concaven Gelenksflächen, die Bandscheiben der Wirbelsäule, zuweilen die Cartilago triticea des Kehlkopfs und endlich die meisten jener Abschnitte der Muskelsehnen,

*) Von einigen Autoren wird unter der Bezeichnung Faserknorpel ebensowohl der elastische, als auch der Bindegewebsknorpel verstanden.

welche an Knochen hin und her gleiten. An den letztgenannten Stellen lässt sich namentlich auf's Deutlichste die unmittelbare Continuität des Knorpels mit dem Bindegewebe demonstriren und zwar in der Weise, dass man nicht nur die fibrilläre Grundsubstanz allenthalben von einem in das andere Gewebe ohne Unterbrechung übergehen sieht, sondern auch die unzweideutigsten Uebergangsformen von Bindegewebs- und Knorpelzellen neben einander auffinden kann. Ja es erstrecken sich vereinzelte Knorpelzellen noch ziemlich weit in das Sehnengewebe hinein, sowie andererseits in dem Knorpel selbst neben den Knorpelzellen auch charakteristische Bindegewebszellen nicht selten eingestreut sind.

Am interessantesten ist das Verhalten des Bindegewebsknorpels in den Zwischenbandscheiben der Wirbel. Man findet hier an erwachsenen Personen mittleren Alters die obersten und untersten Schichten aus hyalinem Knorpel mit platten, linsenförmigen, reihenweise geordneten Zellen bestehen. Diese Lage vermittelt den Zusammenhang des Bandes mit den Wirbelkörpern. Unmittelbar aus ihnen gehen in regelmässigen, schief verlaufenden Zügen die Fasermassen des Bindegewebsknorpels hervor, welche sich schichtenweise überkreuzen. Gegen die centrale Parthie des Bandes (den sog. Gallertkern) zu werden die Fibrillen immer undeutlicher und verlieren sich allmälig in eine dickflüssige, formlose, reich mit Knorpelzellennestern durchsetzte Masse. Von dieser ist nachgewiesen worden, dass sie aus den Ueberresten der fötalen Chorda dorsalis herstammt. Die am meisten gegen die Peripherie gelegenen Theile der Zwischenwirbelscheiben bestehen aus einem derben Bindegewebe, welches seinerseits ebenfalls ohne scharfe Grenze in den Bindegewebsknorpel übergeht.

Aehnlichen Uebergängen von hyalinem Knorpel in Faserknorpel begegnet man auch in den Labra cartilaginea der concaven Gelenksflächen.

III. Der Knochen.

Fertiget man durch verschiedene (frische oder besser macerirte) Knochen Durchschnitte an, so findet man bei der Betrachtung mit freiem Auge, dass das Gefüge der Knochensubstanz nicht allenthalben dasselbe ist. *Kurze* Knochen zeigen sich im Innern ganz aus dünnen, zarten Blättchen und Bälkchen zusammengesetzt, welche in den verschiedensten Richtungen an einander stossen und rundliche oder vieleckige Lücken zwischen sich lassen. Man bezeichnet dieses Gefüge als *spongiöses*, die zwischen den Knochenblättchen bleibenden Räume, welche an frischen Knochen mit einer weichen rothen Masse — dem

Knochenmarke — erfüllt sind, als *Markräume*. An der Oberfläche vereinigen sich die Blättchen der spongiösen Substanz zu einer papierblattdünnen fortlaufenden Rindenschichte, welche jedoch von zahlreichen feinen Oeffnungen durchbrochen ist. Die *langen* oder *Röhrenknochen* zeigen in ihren Diaphysen eine verhältnissmässig dicke Schichte weisser, festgefügter *compacter* Substanz, welche die Hauptmasse des Knochens darstellt und eine cylindrische Höhle — die *Markhöhle* — umschliesst. Gegen die letztere zu blättert sich die compacte Substanz mehr oder weniger auf, so dass entweder nur einzelne Blättchen in die Markhöhle hineinragen, oder aber dieselbe von einem feinen und zierlichen Gebälke von spongiöser Substanz durchsetzt wird. Die Epiphysen der Röhrenknochen sind ganz nach Art der kurzen Knochen beschaffen, nur zeigen die spongiösen Blättchen meist eine mehr regelmässige Anordnung. Die Oberfläche der Knochen ist durchwegs von zahlreichen, feinen Oeffnungen durchbrochen, von welchen aus man häufig feine Kanälchen in schiefer Richtung in's Innere des Knochens eindringen sieht. Diesen, dem freien Auge leicht zugänglichen Eigenthümlichkeiten in der Fügung des ausgewachsenen Knochens liegt nun keineswegs eine wesentliche histologische Verschiedenheit der Knochensubstanz selbst zu Grunde, es ist nur die Anordnung derselben, welche den verschiedenen Knochen und Knochentheilen einen besonderen Charakter verleiht.

Entnimmt man der *Spongiosa* irgend eines macerirten, getrockneten Knochens ein möglichst dünnes Blättchen (sehr zweckmässig sind auch die dünneren Blättchen des Siebbeinlabyrinthes zu verwenden), und bringt dasselbe mit Zusatz von Wasser unter das Mikroskop, so erscheint die Grundsubstanz hell, durchscheinend und völlig homogen oder leicht streifig. An schiefen Bruchflächen solcher Blättchen lässt sich jedoch häufig ganz deutlich erkennen, dass sie aus mehrfachen, fest mit einander verbundenen, blattartigen Schichten — den *Knochenlamellen* der Autoren — bestehen. Durch geeignete Methoden lässt sich sicherstellen, dass die Fibrillen der Grundsubstanz, den schichtweise gefügten Lamellen entsprechend, in wechselnden Richtungen verlaufen und dass benachbarte Lamellen durch Austausch von Knochenfibrillen in gegenseitigem Zusammenhang stehen (*v. Ebner*). In der Grundsubstanz finden sich zahlreiche, dunkle, zackige Figuren eingetragen, welche nichts anderes sind, als Lücken oder Hohlräume, welche, weil sie mit Luft erfüllt sind, schwarz erscheinen. Es sind dies die sogen. *Knochenkörperchen*. Sie haben eine ellipsoidische oder linsenförmige Gestalt, messen in der Länge 15—27 μ. und senden nach allen Richtungen hin feine, lange, hie und da auch verästigte Ausläufer aus — die *Knochenkanälchen*, — welche mit denen der benachbarten Knochen-

körperchen zusammenfliessen. Es ist so die ganze Grundsubstanz des Knochens von einem System äusserst feiner und dicht gelagerter Kanälchen durchzogen, deren erweiterte Knotenpunkte eben die Knochenkörperchen sind. Die letzteren beherbergen im frischen Zustande in sich die zelligen Elemente der Knochensubstanz — die *Knochenzellen*. Es sind dies linsenförmige oder spindelförmige Zellen, von deren Oberfläche feinste Fortsätze auslaufen, mit welchen sie sich in die Knochenkanälchen hinein erstrecken können. Ob die Fortsätze benachbarter Zellen in Zusammenhang treten, ist nicht sicher zu erweisen; ebensowenig ist man darüber im Klaren, ob der Raum der Knochenkörperchen vollständig von den Zellen ausgefüllt wird, oder ob neben den letzteren noch freie Flüssigkeit Platz findet. Die Beobachtung der Knochenzellen ist überhaupt eine ziemlich schwierige und kann mit Aussicht auf Erfolg an den dünnen Knochenblättchen des Siebbeinlabyrinthes kleiner Säugethiere versucht werden. Färbung mit Anilinroth oder Pikrokarmin leistet dabei gute Dienste. Auch frische Knochen, welche mit Pikrinsäure oder mit Chlorpalladium entkalkt sind, zeigen an Durchschnitten die Zellen häufig recht deutlich; ob sie aber durch diese Behandlungsmethode nicht deformirt worden sind, muss dahingestellt bleiben.

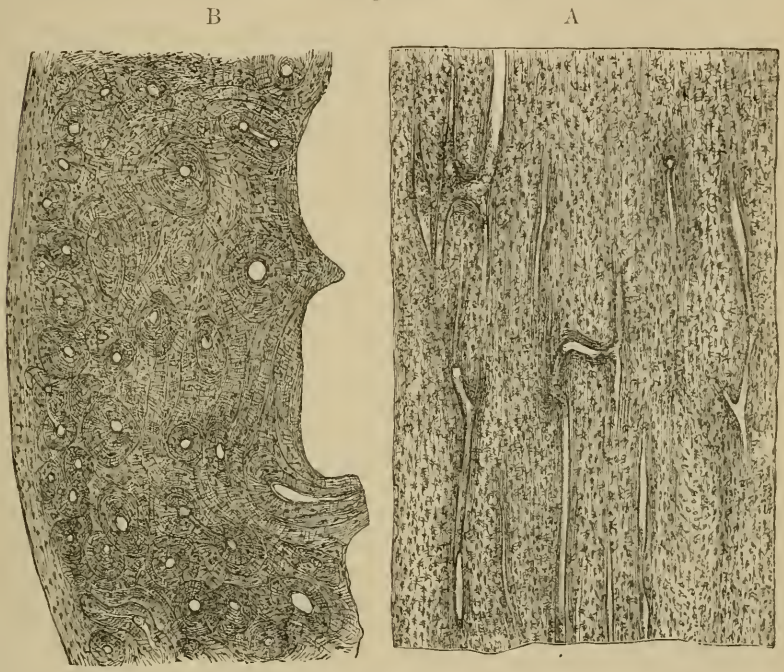
Ausser den Knochenkörperchen und deren Ausläufern sieht man an den Blättchen der spongiösen Substanz ganz vereinzelte gröbere, drehrunde Kanäle von meist 40—90 μ Durchmesser, welche sich ab und zu dichotomisch verästigen. Sie sind unter dem Namen *Havers'sche Kanäle* bekannt und enthalten im Leben die Blutgefässe des Knochens. In den feinsten spongiösen Knochenblättchen fehlen sie vollständig oder kommen nur dort vor, wo zwei oder mehrere derselben winklig an einander stossen; gröbere Blättchen werden stets nach der einen oder anderen Richtung von ihnen durchzogen.

Einer viel complicirteren Anordnung der Substanz begegnet man in den *compacten* Theilen des Knochens. Zum Behufe ihrer Untersuchung wendet man sich am zweckmässigsten zuerst zu den Diaphysen kleiner *Röhrenknochen*, und zwar ist es nothwendig, sich dünne, durchsichtige Abschnitte derselben nach zwei Richtungen — quer und parallel zu ihrer Längsaxe — zu verschaffen.

Man kann hiezu entkalkte Knochen benützen, welche man mit dem Messer leicht schneiden kann; besser ist es aber, sich Schliffe aus dem frischen oder macerirten Knochen anzufertigen, wobei man in folgender Weise vorgeht. Mit einer feinen Säge entnimmt man in der entsprechenden Richtung einen möglichst dünnen Abschnitt der compacten Substanz, kittet denselben mit Schellack an die plane Fläche eines gewöhnlichen Korkstöpsels und bearbeitet nun die freie Fläche mit einer feinen planen Feile. Scheint das Plättchen hinreichend dünn, so glättet man es an einem Schleifstein und schliesslich noch zwischen zwei Glasplatten.

Anstatt der Feile und des Schleifsteines kann man auch zuerst gröbere und dann feinere Sorten von Schmirgelpapier (*Lavdowsky*) verwenden. Ist die eine Seite des Plättchens hinreichend glatt, so löst man es (durch Eintauchen in Alkohol) von dem Korkstöpsel ab und beginnt mit der anderen Seite dieselbe Procedur. Es ist zweckmässig, sich dünnere und dickere Präparate (namentlich von Längsschliffen) herzustellen. Die Untersuchung des Knochenschliffes geschieht am besten in Wasser, in welchem er auch conservirt werden kann. Die gebräuchlichste Methode der Conservirung ist aber die in Canadabalsam, wobei der Schnitt vor dem Einlegen gut getrocknet werden muss. Der Balsam wird zu diesem Behufe in möglichst

Fig. 36.



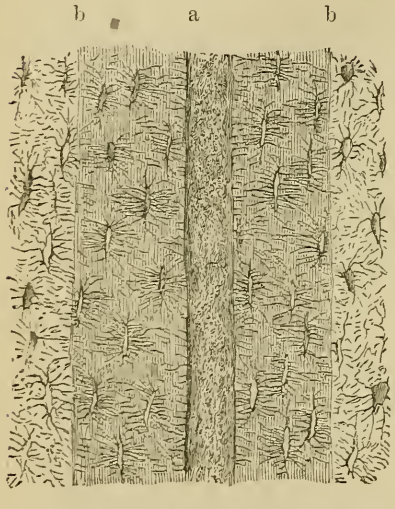
A Schliff durch einen menschlichen Phalangenknochen parallel seiner Längsaxe.
B Querschliff eines ebensolchen Knochens. Beide in Wasser conservirt.
(Hartnack, Syst. II, Ocul. 3.) 30mal vergrössert.

dickflüssigem Zustande verwendet, damit er nicht in die Kanälchen und Höhlungen des Knochens eindringe. Nach dem oben genannten Autor wird dies am leichtesten verhindert durch vorhergehendes Ueberziehen des Schliffes mit einer Schichte Gummi arabicum. Die Kanäle und Höhlen des Knochenpräparates bleiben dann mit Luft erfüllt, und erscheinen deshalb bei der mikroskopischen Untersuchung tief schwarz; es lassen sich an ihnen die feinsten Ausläufer leicht und sicher verfolgen. Ist hingegen die Luft durch Eindringen des Balsams verdrängt worden, so findet man die grösseren Höhlungen hell glänzend, ihre feinen Ausläufer sind gar nicht mehr sichtbar.

An Längsschliffen, welche in der angegebenen Weise hergestellt worden sind, sieht man mit schwachen Vergrösserungen (Fig. 36 A) ein System von Kanälen, welche im Allgemeinen unter einander pa-

rallel verlaufen und der Axe des Knochens gleich gerichtet sind. Ab und zu verästigen sie sich in sehr spitzen Winkeln oder werden durch kurze Queräste mit einander verbunden. Es sind dies die bereits oben erwähnten *Havers'schen* Kanäle. Ueber ihren Inhalt kann man bei der angegebenen Präparirmethode nichts erfahren. Die nächste Umgebung dieser Kanäle zeigt sich bei schwacher Vergrösserung nur etwas dunkler als die übrigen Theile der Knochensubstanz, bei stärkeren Vergrösserungen jedoch erkennt man, dass zu beiden Seiten eines jeden Kanales die Grundsubstanz mit einer Anzahl feiner, gerader Streifen versehen ist, welche in regelmässigen Abständen von einander, und der Wand des Kanales parallel verlaufen. Die Knochenkörperchen erscheinen der grössten Mehrzahl nach verhältnissmässig lang gestreckt und schmal, den genannten Streifen entsprechend zu ziemlich regelmässigen Längsreihen geordnet, in den übrigen Parthieen der Grundsubstanz jedoch weniger gleichmässig gelagert (Fig. 37). Die Ausläufer der Knochenkörperchen erscheinen als feine dunkle Streifen, welche die Grundsubstanz nach allen Richtungen durchziehen; viele von ihnen aber sind quer oder schief zu der Fläche des Schnittes gestellt und zeigen sich dann als dunkle Punkte, welche theils gruppenweise, theils mehr zerstreut vorkommen.

Fig. 37.



Aus dem Längsschliff eines menschlichen Fingerknochens; a ein *Havers'scher* Kanal in der Längenansicht; b b die Grenzen des zu ihm gehörigen Lamellensystems. Man sieht in dem letzteren die regelmässige Anordnung der Knochenkörperchen. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

Man kann sich auch leicht davon überzeugen, dass die Ausläufer der Knochenkörperchen die Wandungen der *Havers'schen* Kanäle durchbrechen und so die Lumina beider vielfach mit einander in Zusammenhang stehen. Hat man einen guten Knochenschliff, welcher die ganze Dicke der compacten Substanz in sich begreift, vor sich, so sieht man auch, dass die *Havers'schen* Kanäle ebensowohl an der Oberfläche des Knochens als auch gegen die Markhöhle zu stellenweise frei ausmünden.

Untersucht man nun einen Schliff, welcher quer zur Axe des Knochens geführt ist (Fig. 36 B), so erhält man ein wesentlich anderes Bild, welches aber mit dem oben beschriebenen zusammengehalten, ganz geeignet ist, eine richtige Vorstellung über die Textur des Knochens zu gewähren. Man begegnet dabei zunächst in grösseren oder

kleineren Abständen den Durchschnitten der *Havers'schen* Kanäle, welche, weil zum allergrössten Theil quer getroffen, als kreisrunde Lücken in der Knochensubstanz erscheinen. Mitunter jedoch gewahrt man, dass zwei benachbart gelegene durch ein anastomotisches Kanälchen in Zusammenhang gebracht sind. Ein jeder solcher Querschnitt ist nun von einem System concentrisch geordneter, heller Streifen umgeben, deren Anzahl gewöhnlich mit der Weite des Kanälchens steigt. Meistens sind ihrer 5—12. Sie sind durch feine, dunklere Linien gegen einander abgesetzt und stellen alle vollkommene, in sich verlaufende Ringe dar. Dieses concentrische Ringsystem ist nichts anderes, als der Querdurchschnitt einer Anzahl von Knochenlamellen, welche wie in einander gesteckte Röhren den *Havers'schen* Kanal umgeben. Die zu je einem solchen Kanal gehörigen, hülsenförmigen Knochenlamellen heisst man ein *Havers'sches Lamellensystem* (*Speciallamellen Frey*). Auf dem Längsdurchschnitte des Knochens entsprechen ihnen die oben angeführten, dem Kanale zu beiden Seiten parallel laufenden, geraden Streifen. Auch hier lässt sich mit hinreichend starken Vergrösserungen erkennen, dass die Richtung der Knochenfibrillen in den an einander grenzenden Lamellen eine verschiedene ist und dass zwischen den letzteren ein Austausch von Fibrillen stattfindet.

Die Durchschnitte der einzelnen Lamellensysteme stossen zum Theil unmittelbar an einander, zum Theil aber sind sie durch Knochensubstanz von einander getrennt, welche entweder fast gleichartig aussieht, oder aber, besonders bei starken Vergrösserungen, ein gestreiftes Aussehen erkennen lässt. Diese Streifung ist aber nicht mehr eine so regelmässige, wie in den *Havers'schen* Systemen, sondern es verlaufen kürzere oder längere Züge paralleler Streifen in den verschiedensten Richtungen, theils gerade, theils gebogen zwischen den ersteren hindurch. Diese Streifung ist ebenfalls der Ausdruck durchschnittener Knochenlamellen, welche gewissermassen als Ausfüllungsmasse zwischen den *Havers'schen* Systemen eingeschaltet sind. Man bezeichnet sie als *intermediäre Lamellensysteme*. In den verschiedenen Knochen findet man sie in sehr ungleicher Ausdehnung, so dass sie bald ziemlich spärlich sind, bald aber beträchtliche Strecken zwischen den *Havers'schen* Systemen einnehmen.

Eine dritte Kategorie von Lamellen findet man endlich an der Oberfläche des Knochens. Sie bilden gleichsam eine mehrfach geschichtete Schale um den ganzen Röhrenknochen und erscheinen daher auf dem Querschnitte als helle, der Oberfläche des Knochens gleich gerichtete Streifen in grösserer oder geringerer Zahl. Für sie ist der Name *Grundlamellen* (*Generallamellen Frey*) gebräuchlich. Sie stehen insoferne mit den intermediären Lamellensystemen in Beziehung, als

die letzteren häufig sich von ihnen abzuzweigen scheinen. Aehnlich wie an der äusseren Oberfläche, findet man auch an der Grenze der compacten Substanz gegen die Markhöhle häufig eine Art von Grundlamellen, doch sind sie hier weder so constant, noch auch so regelmässig gelagert, da sie sich von Strecke zu Strecke in jene spongiösen Knochenblättchen fortsetzen, welche in die Markhöhle hineinragen.

Die Knochenkörperchen erscheinen an Querschliffen entsprechend dem Verlaufe der verschiedenen Lamellen geordnet und zwischen ihnen eingelagert. Ihre Form zeigt sich hier wesentlich anders als an den Längsschnitten; sie ist fast ausnahmslos eine rundliche oder elliptische, nur selten findet man jene langgestreckten Gestalten, wie sie an den Längsschnitten die Regel bilden. Es erklärt sich dies daraus, dass die Knochenkörperchen mit ihrem längsten Durchmesser zu den *Havers'schen* Kanälchen, und überhaupt in der Mehrzahl zu der Längsaxe des Knochens parallel gestellt sind. Nur dort, wo quere Anastomosen der ersteren in den Schliff fallen, und wo es die Verlaufsrichtung der intermediären Lamellensysteme mit sich bringt, zeigen sie sich auch auf dem Querschliff mit ihrem längsten Durchmesser.

Einen ganz analogen Bau, wie in den Röhrenknochen, zeigen auch die Lagen der compacten Substanz, welche sich an den *platten* Knochen vorfinden; auch an ihnen beobachtet man die drei verschiedenen Arten der Lamellensysteme, nur ist die Anordnung der *Havers'schen* Systeme eine minder regelmässige, weil die Gefässkanäle in flächenartiger Ausbreitung unter zahlreicher Anastomosenbildung zwischen den verschiedenen Schichten der Knochenplatte einen ziemlich ungeordneten Verlauf einhalten. An der Grenze gegen die spongiöse Mittelschichte erweitern sich die *Havers'schen* Kanäle sehr bedeutend und gehen unmittelbar in die Markräume derselben über.

Aus dem bisher Erörterten geht hervor, dass alle Knochen, in welcher Form wir sie immer treffen, der Wesenheit nach aufgebaut werden durch die mikroskopisch dünnen Lamellen der Grundsubstanz. An den spongiösen Blättchen einfach der Fläche nach an einander gelagert, werden sie in ihrer Anordnung in dem compacten Knochen wesentlich durch das Dazwischentreten zahlreicher Gefässkanäle beeinflusst. Indem die letzteren sämmtlich von concentrisch an einander geschichteten röhrenförmigen Lamellen umschlossen werden, ergibt sich daraus für die langen Knochen, in welchen sie der grossen Mehrzahl nach längs gerichtet sind, ein Grundstock von Knochensubstanz, welchen man mit einer Anzahl von Hohlsäulen vergleichen kann, deren Richtung der Belastungsrichtung des Knochens entspricht. Der zwischen diesen Säulen — den *Havers'schen* Lamellensystemen — übrig bleibende Raum wird durch die intermediären Lamellen ausgefüllt und

Alles zusammen von einer Anzahl der Oberfläche des Knochens gleichlaufender Lamellen — den Grundlamellen — wie durch eine gemeinsame Schale eingehüllt.

Es erübrigt nun noch eines Vorkommnisses Erwähnung zu thun, welches, wenngleich minder in die Augen fallend, doch bei dem Aufbau der Knochen eine nennenswerthe Rolle spielt. Behandelt man einen frischen Knochen mit starker Salzsäure, so wird er nach einer gewissen Zeit der Einwirkung unter mässiger Aufquellung weich und biegsam, er hat seine Kalksalze verloren, seinen Bau aber und seinen inneren Zusammenhang bewahrt. Lässt man nun die Einwirkung fortdauern, so blättern sich an seiner Oberfläche zunächst mehrere Schichten ab, dann aber verwandelt sich das Ganze in eine leicht zerfallende, faserige Masse. Untersucht man dieselbe, so erfährt man, wie jüngst von *C. Langer* beschrieben worden ist, dass die isolirbaren Fasern nichts anderes sind, als die *Havers'schen* Lamellensysteme, deren geschichteter Bau zum Theile noch vorhanden ist. Als nächste Begrenzung des Lumens der *Havers'schen* Kanäle erkennt man aber eine glashelle, strukturlose, rigide Membran, welche stellenweise an den Rissenden der Lamellensysteme etwas vorragt. Bei noch längerer Einwirkung der Säure zerfällt die Substanz der Knochenlamellen vollkommen, und es lassen sich dann jene Begrenzungshäute der *Havers'schen* Kanäle auf längere Strecken hin isolirt erhalten. In ähnlicher Weise verhält sich, wie schon seit längerer Zeit durch *Virchow* bekannt ist, die unmittelbare Wandschichte der Knochenkörperchen gegen den Einfluss der Säure derart widerstandsfähig, dass auch die Knochenkörperchen innerhalb der zerfallenen Masse in ihrer charakteristischen Form gefunden werden. (Allerdings hatte sie *Virchow* irrthümlich für die Knochenzellen selbst gehalten, bis durch *Fürstenberg* und *Neumann* der wahre Sachverhalt erkannt wurde.) Es ist also durch die Beobachtung *Langer's* dargethan, dass das ganze den Knochen durchziehende Lücken- und Höhlensystem mit einer differenten, durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Salzsäure ausgezeichneten, hautartigen Schichte ausgekleidet wird. Dass dieselbe allenthalben ein Continuum bildet, ergibt sich daraus, dass an der äusseren Oberfläche der isolirten Begrenzungsmembran der *Havers'schen* Kanäle zahlreiche, kurze, fadenförmige Anhänge festsitzen, welche nichts anderes sind als die Ausläufer der Knochenkörperchen. Neueren Mittheilungen *Broesike's* zufolge sollen diese Membranen aus Keratin bestehen.

Die äussere Oberfläche der Knochen ist von einer fibrösen Haut, der *Beinhaut* (*Periost*), überzogen. Dieselbe besteht aus zwei unvollständig von einander getrennten Schichten, deren äussere, durch ihren grossen Reichthum an Blutgefässen ausgezeichnet, vorwiegend aus

Bindegewebsbündeln besteht, welche in verschiedenen Richtungen durch einander geflochten sind. Sie steht allerseits mit den bindegewebigen Theilen der Nachbarschaft in Zusammenhang und kann sogar mitunter sehr innig mit denselben verschmelzen (Schleimhaut des Gaumens und der Nase). Die innere Lage der Beinhaut ist ärmer an Blutgefässen und ausgezeichnet durch einen beträchtlichen Reichthum an elastischen Fasernetzen. Sie haftet dem Knochen nicht überall gleich fest an und ist stellenweise auch an ausgewachsenen Knochen durch Vermittlung einer Lage von rundlichen oder abgeplatteten Zellen — deren Bedeutung für die Knochenentwicklung wir alsbald kennen lernen werden — mit der Oberfläche derselben verbunden. Der Zusammenhang der Knochen mit der Beinhaut wird einerseits durch eine grosse Anzahl feiner, von der letzteren in den ersteren eindringender Blutgefässe bedingt, andererseits aber durch eine eigenthümliche Formation gefestiget, welche unter dem Namen der *Sharpey'schen* oder *perforirenden Fasern**) bekannt ist. Sie stellen starre, bindegewebige oder verkalkte, faserartige Gebilde dar, welche von der Beinhaut aus in senkrechter Richtung in die compacte Knochensubstanz eindringen, dabei die Grundlamellen derselben durchbohren und bald mehr, bald weniger tief zwischen die *Havers'schen* Lamellensysteme verfolgt werden können. Man kann sie am besten an entkalkten Knochen durch Zerzupfen der oberflächlichen Schichte derselben darstellen, wobei sie nicht selten isolirt erhalten werden und auch ihr continuirlicher Zusammenhang mit den Bindegewebsbündeln der Beinhaut constatirt werden kann. Die Mächtigkeit der Beinhaut ist je nach der Oertlichkeit sehr verschieden, am stärksten wird sie dort, wo Sehnen und Bänder sich an den Knochen ansetzen. An diesen Stellen wird auch ihre Verknüpfung mit dem Knochen dadurch gefestigt, dass der letztere mit zahlreichen kleinen Furchen und Grübchen versehen ist, in welche die inneren Lagen der Beinhaut eindringen.

Das *Knochenmark* füllt die Markräume der Knochen aus und erstreckt sich stellenweise selbst in die *Havers'schen* Kanäle hinein. Es zeigt beim Menschen verschiedene Erscheinungsformen. Das *rothe Knochenmark* erfüllt typisch die spongiösen Räume der Rumpfknochen und zum Theile die centralen Markhöhlen und die Epiphysenräume der langen Röhrenknochen. Das *gelbe* oder *Fettmark*, dessen Farbe von seinem grossen Gehalte an Fett herrührt, findet sich vorwiegend in den centralen Markhöhlen der Röhrenknochen, greift mehr oder weniger weit in die spongiösen Räume der Epiphysentheile über und

*) Kürzlich hat *G. Clementi* den Nachweis geliefert, dass diese Gebilde, deren Entdeckung gewöhnlich *Sharpey* (1856) zugeschrieben wird, schon in früherer Zeit einzelnen italienischen Anatomen (*Gagliardi* 1689, und *Troja* 1814) bekannt gewesen sind.

kann diese wohl auch vollständig einnehmen. Im Einzelnen zeigt die Vertheilung des gelben und rothen Knochenmarkes mancherlei Differenzen, welche neuerdings von *E. Neumann* betont worden sind, aber noch weiterer Untersuchung bedürfen. Bei alten und abgemagerten Individuen, an denen das Fett grösstentheils geschwunden ist, zeigt das Mark in den Diaphysen der Röhrenknochen meist eine röthlichgelbe Farbe und ist durchscheinend, schleimig und fadenziehend geworden. Es wird daher als *gelatinöses* Knochenmark bezeichnet. Es muss indessen ausdrücklich hervorgehoben werden, dass das ganze Knochenmark, so wie es für einen und denselben Knochen räumlich ein Continuum bildet, auch bezüglich seiner histologischen Beschaffenheit im Wesentlichen überall dasselbe ist.

Die geweblichen Elemente des Knochenmarkes bestehen zunächst aus einer geringen Menge von feinfaserigem, fibrillärem Bindegewebe, welches in Verbindung mit einem zarten, reticulären Zellennetze eine Art von Gerüste herstellt. In dasselbe eingelagert sind in grosser Anzahl kleine, runde, lymphoide Zellen (*Markzellen*) und eine wechselnde Menge von Fettzellen. Einen verhältnissmässig ausgiebigen Bestandtheil des Knochenmarkes bilden ferner die Blutgefässe, von welchen später gehandelt werden soll.

Mit Bezug auf das Bindegewebe des Knochenmarkes ist zu bemerken, dass es vorzüglich in der Nähe der grösseren Blutgefässe, als Umhüllung derselben vorkommt, ausserdem aber in beträchtlicher Ansammlung nur noch in der Peripherie der Markhöhlen der grossen Röhrenknochen zu finden ist, wo es gleichsam eine äussere Begrenzungsschichte des Knochenmarkes darstellt. Eine besondere Membran, als welche diese oberflächliche Bindegewebslage unter dem Namen *Markhaut* (*Endosteum*) wohl auch beschrieben worden ist, existirt in der That nicht. Das reticuläre Zellennetz des Knochenmarkes ist ziemlich schwierig darzustellen, unterscheidet sich aber der Wesenheit nach nicht von jenem der Lymphknoten.

Die Eigenschaften der Markzellen sind bereits auf Seite 45 beschrieben worden. Ebenso wurde an anderer Stelle (S. 56) der blutbildenden Zellen des Knochenmarkes Erwähnung gethan.

Ausser diesen beiden Zellenformen trifft man in dem rothen Knochenmark noch sogen. Blutkörperchen führende Zellen und vielkernige Riesenzellen. Die ersteren, äusserst unbeständig, hat man, weil sie mitunter auch gelbliche Pigmentkörnchen enthalten, mit der Rückbildung und der Zersetzung der farbigen Blutkörperchen in Beziehung gebracht; die Riesenzellen (S. 36) haben in jüngster Zeit durch *Kölliker* eine eigenthümliche Deutung erfahren, von welcher noch weiter unten die Sprache sein wird.

Die fettführenden Zellen, in den Diaphysen wohl die Hauptmasse des Knochenmarkes bildend, finden sich auch in dem rothen Mark allenthalben in grösserer oder kleinerer Zahl eingestreut; nur in jenen Markhöhlen, welche ganz nahe dem Knorpelüberzuge der Knochen liegen, scheinen sie vollends zu fehlen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sie zum grössten Theile auf Markzellen zurückgeführt werden müssen, wenn man auch nicht leugnen kann, dass vielleicht einzelne von ihnen den Bindegewebszellen zugehören. Wird in Folge von andauernd schlechten Ernährungsverhältnissen des Körpers das Fett dieser Zellen allmälig aufgebraucht, sie selbst dem entsprechend verkleinert, so muss der Raum, welchen das Fett eingenommen hatte, in irgend einer Weise ausgefüllt werden. Dies geschieht theils durch Erweiterung der Blutgefässe, theils aber durch Ansammlung einer schleimhaltigen Flüssigkeit zwischen und in den Zellen. In Folge dessen entsteht jene Form des Knochenmarkes, welche man als die gelatinöse bezeichnet.

Die Blutgefässe der Knochen. Beinhaut, Knochensubstanz und Mark sind von reichlichen Blutgefässen durchzogen, welche für alle drei genannten Theile zusammen ein Continuum, ein einheitliches Gefässgebiet bilden. Dasselbe ist jedoch keineswegs in sich abgeschlossen, vielmehr nach allen Seiten hin mit der Umgebung in Zusammenhang. Eine eigentliche Abgrenzung erfährt es nur dort, wo die Knochen mit Knorpelüberzügen versehen sind, oder starken Bandmassen zum Ansatze dienen. Die grösseren zu- und ableitenden Gefässe der Knochen sind meist an solchen Stellen zu finden, wo Fasciendissepimente oder Muskeln sich an sie anheften. Von da aus vertheilen sie sich in feinen Ramifikationen durch das Periost, während andere Zweige durch die zahlreichen feinen Oeffnungen in der Oberfläche des Knochens in die Substanz derselben eintreten. Durch grösseres Kaliber ausgezeichnete Gefässe der letzteren Art werden Vasa nutritia genannt; sie sind es, welche insbesondere zum Knochenmark in Beziehung treten.

Im *Periost* führt vorzüglich die äussere Schichte eine stark entwickelte Gefässramifikation, welche allerorts mit den Gefässen der benachbarten Gewebstheile in Communikation steht. Es sind der Mehrzahl nach netzförmige Ausbreitungen von Venen- und Arterienzweigchen, deren Ausläufer in gerader Richtung die innere Beinhautschichte durchbrechen, um so an die Knochensubstanz zu gelangen. Capillargefässe finden sich hier meist nur, wo Nervenzweigchen oder Fettgewebsläppchen eingelagert sind. Die zahlreichen feinen Poren an der Oberfläche der compacten Knochensubstanz leiten diese kleinsten Gefässchen unmittelbar in die *Havers'schen* Kanäle. In diesen findet man fast ausnahmslos zwei oder drei Gefässe neben einander, ein arterielles und ein oder zwei

venöse Stämmchen. In grösseren *Havers'schen* Kanälen kommt nicht selten ein wohl entwickeltes Capillarsystem vor, jedoch nur dann, wenn sie zugleich Knochenmark enthalten (*Langer*). In Folge des ausgiebigen Zusammenhanges, welcher unter den *Havers'schen* Kanälen durch die ganze compacte Substanz hindurch besteht, entwickelt sich eine ganze Kette von Anastomosen zwischen den in ihnen enthaltenen Gefässen. An der inneren Grenze der compacten Substanz übergehen sie unmittelbar in das Gefässnetz des Knochenmarkes. Dieses wird, so weit es dem röhrigen Theile des Knochens angehört, zunächst durch die Vasa nutritia gespeist. Die Arteriae nutritiae zeigen das eigenthümliche Verhalten, dass sie bald nach ihrem Durchbruch durch die compacte Substanz, und noch während desselben eine grosse Anzahl feinster Zweigchen abgeben, welche sich netzartig unter einander verstricken. Sie durchziehen im weiteren Verlauf der Länge nach die Markhöhle des Knochens gegen beide Enden hin, fort und fort feine Aestchen in schiefen Winkeln abgebend. Die Endausläufer gehen in weite Capillaren über, welche zwischen den zelligen Elementen des Markes sich netzartig verbreiten. Die Venenwurzeln sammeln sich aus den letzteren büschel- oder quastenförmig zu kleinen Stämmchen, welche sich in die die Arterie begleitende Vene einsenken. Jener Antheil des Knochenmarkes, welcher der spongiösen Substanz der Diaphyse angehört, erhält einen Zuwachs von mehreren Arterien- und Venenstämmchen, welche in der Nähe der Gelenke an der Oberfläche des Knochens aus- und eintreten. Nichtsdestoweniger besteht eine durchgehende Continuität der Blutbahn im ganzen Bereiche des Knochenmarkes. Erst vor dem überknorpelten Ende der Epiphyse begrenzt sie sich mit schlingenförmigen Umbeugungen der Gefässe. Sämmtliche innerhalb des Knochens verlaufenden Venen sind klappenlos, hingegen erhalten sie solche in sehr beträchtlicher Anzahl, so wie sie an die Oberfläche des Knochens austreten (*C. Langer*). Dass die Blutbahn innerhalb des Knochenmarkes sich zum Theil in wandungslosen Räumen bewege, ist von Einigen (*Hoyer*) behauptet, seitdem aber von mehreren Seiten mit den schlagendsten Gründen widerlegt worden.

Ueber *Lymphgefässe* der Knochen vergleiche man das Kapitel: Lymphgefässe.

Nerven der Knochen. Wenn auch nicht sehr reichlich, so sind doch an den meisten Knochen Nervenausbreitungen nachgewiesen worden. Sie gehören theils dem Periost an, theils dringen sie mit den Vasa nutritia in das Innere des Knochens ein und vertheilen sich in den *Havers'schen* Kanälen und in dem Knochenmark. Die kleinen Nervenzweigchen führen theils markhaltige, theils marklose Fasern, von denen

die letzteren wahrscheinlich als Gefässnerven, die ersteren als sensible und trophische Fasern zu deuten sind. Die Endigungsweise der Nervenfasern im Innern des Knochens ist noch völlig unbekannt. Im Periost hat man an mehreren Oertlichkeiten *Pacini'sche* Körperchen aufgefunden, so namentlich in der Gegend des Hiatus canalis Fallopiae, an den Querfortsätzen des 1. und 2. Halswirbels, am hinteren Ende der ersten Rippe und an den verschiedensten Stellen der Extremitätenknochen.

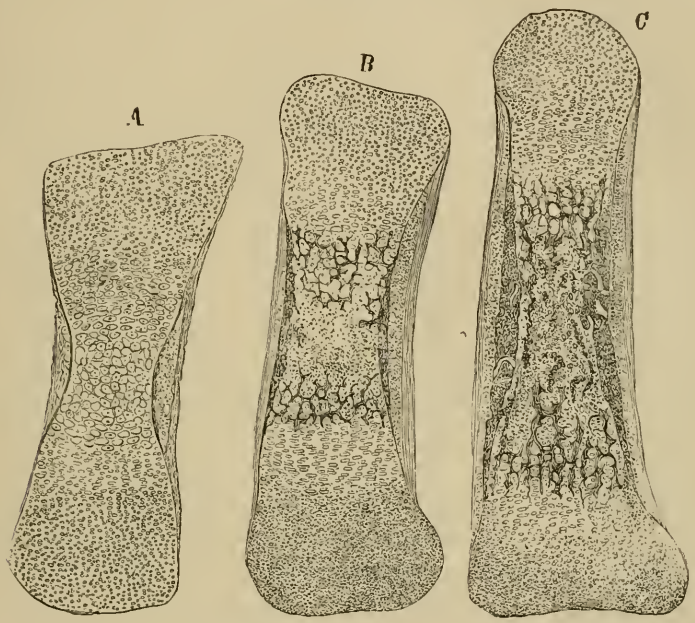
Die Entstehung und das Wachsthum der Knochen. Es kommen dabei zwei verschiedene Gesichtspunkte in Betracht. *Erstens* handelt es sich um die Beantwortung der Frage: Wie bildet sich überhaupt die Knochensubstanz, welche histologischen Vorgänge werden dabei beobachtet? und *zweitens*: Wie kommt es zu der bleibenden Form, welche einem jeden Knochen im Ganzen und in seinen einzelnen Theilen eigen ist? Bezüglich der ersteren Frage ist zunächst zu bemerken, dass das Rumpf- und Extremitätenskelet in einem sehr frühen Entwicklungsstadium ein durchwegs knorpeliges ist, d. h. dass einem jeden Knochen eine der Lage, Verbindung und wenigstens annähernd auch der Form entsprechende knorpelige Anlage vorhergeht, an deren Stelle sich später der Knochen setzt. Andere Knochen aber entwickeln sich aus einer bindegewebigen Grundlage heraus, ohne dass früher Knorpel an ihrem Platze war. Man hat vor nicht zu langer Zeit noch aus diesem Verhältnisse eine wesentliche Verschiedenheit in dem Entwicklungsmodus der Knochensubstanz abgeleitet und daher die sämmtlichen Knochen nach ihrer Entstehungsweise in *primäre* oder *knorpelig vorgebildete* und in *secundäre, Deck-* oder *Belegknochen* eingetheilt. Von diesem Gesichtspunkte aus gehört zu der ersteren Abtheilung ausser den Knochen des Stammes und der Extremitäten noch der grösste Theil der Schädelbasis (das Hinterhauptbein mit Ausnahme eines Theiles der Schuppe, das Keilbein, das Felsenbein mit den Gehörknöchelchen, das Siebbein und die untere Nasenmuschel). Zu den secundären oder Belegknochen gehören die Seitentheile des Schädels, das Schädeldach und fast alle Gesichtsknochen.

Es muss aber sofort betont werden, dass der bemerkte Unterschied sich nicht auf das Wesen der Knochenbildung, sondern nur auf die dieselbe begleitenden Erscheinungen bezieht; denn überall, wo Knochensubstanz entsteht, geschieht dies in derselben Weise, unter Vermittlung von eigenthümlichen Zellen, für welche man den Namen *Osteoblasten**) (*Gegenbaur*) eingeführt hat. Dieselben entwickeln sich von Anfang her

*) Man schreibt auch, und zwar ebenso richtig, *Osteoplasten* (von πλάττω ich forme.

an ganz bestimmten, umgrenzten Stellen, innerhalb einer blutgefässreichen Grundlage und wuchern von da in gewissen Richtungen und in continuirlicher Ausbreitung weiter fort. Da ihrem Auftreten immer alsbald die Knochenbildung nachfolgt, so nimmt auch diese regelmässig von gewissen Punkten ihren Ausgang und schreitet auf den Wegen, welche ihr durch die Osteoblasten vorgezeichnet sind, allmälig vorwärts. Diese Ausgangsstellen der Knochenbildung sind schon lange unter dem Namen *Ossifikationspunkte* bekannt.

Fig. 38.



Die ersten Veränderungen in dem primordialen Knorpel bei der Verknöcherung in drei auf einander folgenden Stadien, wie sich dieselben an Längsschnitten von Röhrenknochen zeigen.

A Metatarsus der grossen Zehe von einem 10 Wochen alten menschlichen Embryo.
B Mittel-Phalanx des vierten Fingers von einem 14 Wochen alten menschlichen Embryo.
C Grund-Phalanx des kleinen Fingers von einem 14 Wochen alten menschlichen Embryo.
Sämmtliche Durchschnitte sind an Objekten, die vorher lange in Chromsäure gelegen waren, in der Richtung vom Dorsum gegen die Vola, durch die Axe des Knochens geführt und nach Karmin-Hämatoxylin-Tinktion in Dammarlack eingeschlossen worden. (Mit Hartnack's Syst. II, Ocul. 2 gezeichnet; Vergrösserung bei allen drei Abbildungen 27fach.)

An den *knorpelig präformirten Knochen* ist ein zweifacher Vorgang in's Auge zu fassen; der eine bezieht sich auf die Bildung der Knochensubstanz im Bereiche des vorhandenen Knorpels und auf das gleichzeitige Zugrundegehen des letzteren — *enchondrale* (*intracartilaginöse*) *Ossifikation* — der zweite auf die Entstehung von Knorpelsubstanz in der unmittelbaren Umgebung dieses Knorpels unter dem direkten Einflusse des Perichondriums, beziehungsweise des Periostes — *perichondrale* oder *periostale Ossifikation.*

Die ersten Veränderungen, welche an dem primordialen Knorpel als Einleitung zur Knochenbildung vor sich gehen, bestehen darin, dass ungefähr in der Mitte der Diaphyse die Knorpelzellen sich bedeutend vergrössern, und die zwischen ihnen befindliche Grundsubstanz auf ganz schmale Streifen reducirt wird (Fig. 38 A). In der letzteren sieht man eine feinkörnige Trübung, welche von der Einlagerung von Kalksalzen herrührt. Diese Stelle des Knorpels gibt sich auch dem freien Auge durch eine weisse Farbe kund, und ist nichts anderes, als die erste Andeutung des Ossifikationspunktes, der sogen. *Verkalkungspunkt* (*Strelzoff*). Indem die unter und über dem Verkalkungspunkte gelegenen Theile des Knorpels ihr Wachsthum nicht nur der Länge, sondern auch der Dicke nach fortsetzen, während in dem grosszelligen Theile des Knorpels das Wachsthum desselben sistirt ist, bildet sich, dem letzteren entsprechend, eine deutlich sichtbare Einschnürung.

In derselben Zeit sieht man an dieser Stelle zwischen der Oberfläche des verkalkten Knorpels und dem Perichondrium eine neue Gewebsschichte auftreten, welche vorwiegend aus rundlichen, mit feinen Ausläufern versehenen Zellen zusammengesetzt ist; es ist dies das *osteogene Gewebe*, welches als innerste Schichte des Perichondriums aufgefasst werden kann. Die erwähnten Zellen — die *Osteoblasten* — entwickeln sich, wie es scheint, durch direkte Umwandlung aus den Bindegewebszellen des Perichondriums, liegen anfänglich in mehreren Lagen dem verkalkten Knorpel oberflächlich auf, dringen aber bald in das Innere desselben ein; dabei zerfällt der verkalkte Knorpel, und es bildet sich in ihm eine centrale Höhle aus, welche durch das osteogene Gewebe und durch gleichzeitig von aussen her eindringende Blutgefässe erfüllt wird. Es ist dies der *primordiale Markraum* (*Strelzoff*). Fig. 38 B. Er nimmt den mittleren Theil der Diaphyse ein und ist nach beiden Seiten hin von verkalktem, grosszelligem Knorpel begrenzt.

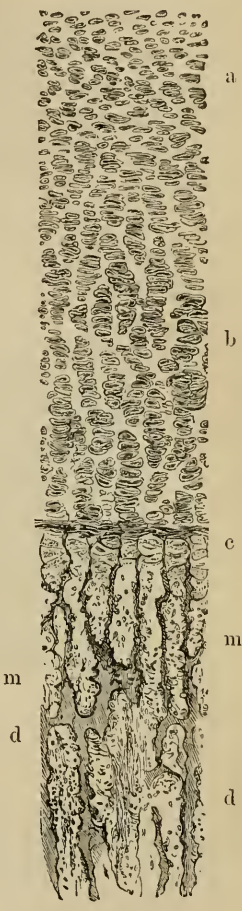
Bevor noch hier die Knochenbildung beginnt, hat sich schon aus dem oberflächlichen osteogenen Gewebe eine Lage von Knochensubstanz entwickelt, welche den verkalkten Knorpel wie eine Hülse umgibt (Fig. 38 B), und die erste *perichondrale* Knochenanlage, die „*Grundschichte des perichondralen Knochens*“ (*Strelzoff*) darstellt. Allmälig lagern sich dieser von aussen her immer neue Knochenschichten an, wobei in Folge des in allen Schichten gleichmässig vorschreitenden Wachsthums nach der Längendimension die äussersten stets die kürzesten sind.

Während sich so die perichondrale Knochenrinde allmälig verlängert und verdickt, vergrössert sich auch die Markhöhle durch fortschreitenden Zerfall des verkalkten Knorpels nach beiden Seiten hin, bis endlich auch hier die Knochenbildung beginnt (Fig. 38 C). Für die

enchondrale Verknöcherung ist das Verhalten des primordialen Knorpels von grösster Bedeutung, wesshalb zunächst dieser berücksichtigt werden muss (Fig. 39). Weit ab von dem primordialen Markraum ist der Knorpel bis auf seine Enden hin von unregelmässig gelagerten, kleinen, spindelförmigen Zellen durchsetzt (a). Näher gegen den Markraum hin werden die Zellen allmälig grösser und ordnen sich zu Reihen, zwischen denen zu beiden Seiten die Grundsubstauz in Form eines schmalen Streifens erscheint; zwischen den Zellen einer Reihe wird die hyaline Grundsubstanz immer spärlicher (b). Noch näher heran werden die Zellen theils blasig aufgetrieben, theils gegen einander abgeplattet; die in einer Reihe liegenden berühren sich nun unmittelbar, da die dünnen Septa von Grundsubstanz zwischen ihnen geschwunden sind. In nächster Nähe des Markraumes findet man die Grundsubstanz durch Einlagerung von Kalksalzen getrübt (c), die Knorpelzellen in einem molekulären Zerfall begriffen. Die länglichen Knorpelhöhlen, welche einer Reihe von Zellen entsprechen, öffnen sich endlich gegen den Markraum hin und das Markgewebe sammt den Blutgefässen dringt in dieselben hinein. Es formt sich also aus jeder dieser confluirten cylindrischen Knorpelhöhlen eine *Ausbuchtung des Markraumes* gegen den Knorpel hin, welche noch ringsum von der verkalkten Knorpelgrundsubstanz umgeben ist. Die letztere erscheint natürlich auf dem Querschnitt des Knochens in Form von geschlossenen Ringen (Fig. 40 A); auf dem Längsschnitt als der Länge nach ziehende Balken (Fig. 39 d), welche aus der Substanz des Knorpels in den Markraum hineinragen.

Die Wände der Markraumbuchten erlangen desshalb eine grosse Wichtigkeit, weil sich an ihre freien Flächen die neugebildete Knochensubstanz anlagert, und an ihnen gewissermassen eine Stütze findet. Dies geschieht in der Weise, dass die osteogenen Zellen des Markes sich nach Art eines Epithels an die Flächen der Markraumbuchten anlagern und zunächst einen Beleg von

Fig. 39.

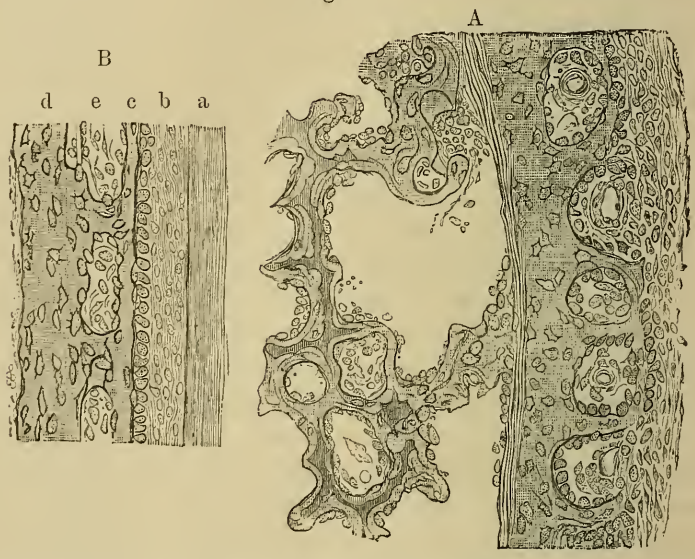


Uebersichtsbild über die Beschaffenheit des epiphysären Knorpels und der Verknöcherungszone in späteren embryonalen Stadien. Aus einem Längsdurchschnitte durch den Oberschenkelknochen eines nahezu geburtsreifen Katzen-Embryo.

a Bereich der kleinen, regellos verstreuten Knorpelzellen.
b Bereich der reihenartigen Anordnung der Knorpelzellen.
c Verkalkungszone — zugleich Grenze der Verknöcherung.
d Enchondral gebildete Knochenbalken.
m Markräume.
(Hartnack, Syst. IV, Ocul. 2.)

Knochensubstanz an diesen erzeugen. Während die Osteoblasten anfänglich diesem Knochenbeleg oberflächlich aufliegen, werden sie bei der fortwährenden Dickenzunahme desselben allmälig von Knochensubstanz umschlossen, und es kommt so jeder einzelne Osteoblast in einen abgeschlossenen Hohlraum der letzteren zu liegen, welcher nichts anderes ist, als ein Knochenkörperchen; der Osteoblast bildet nun den zelligen Inhalt desselben, die Knochenzelle. Indem dieser Prozess zu beiden Seiten des primordialen Markraumes fortwährend weiter greift, kommt es zur Bildung einer ganzen Reihe von röhrenförmigen Knochenplättchen,

Fig. 40.



Aus Durchschnitten durch die Diaphysen entkalkter Oberschenkelknochen eines nahezu geburtsreifen Katzen-Embryo. A Quer zur Längsaxe des Knochens. B Parallel zu derselben geführt.
a Aeussere, b innere Bindegewebslage der Beinhaut. c Schichte der Osteoblasten. d Enchondral entwickelter Knochen. e Markräume. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 2.)

welche allseitig unter einander in Zusammenhang stehen; die zuerst gebildeten, also gegen die Mitte der Diaphyse zu gelegenen Plättchen nehmen dabei an Dicke zu, während zugleich die von ihnen umschlossenen Markräume grösser werden. An allen diesen Plättchen kann man noch sowohl am Längsschnitt, als auch am Querschnitt eine centrale Lage von Knorpelsubstanz erkennen (Fig. 40 A), welche sich besonders durch Hämatoxylinfärbung deutlich hervorhebt. Dieser Einschluss von Knorpelresten kennzeichnet den enchondral entstandenen Knochen. In den jungen Knochenplättchen ist sie stärker, in den älteren nimmt sie zusehends ab, bis sie endlich ganz verschwindet. Wie dies geschieht, ist noch völlig unaufgeklärt. *Strelzoff* vermuthet, dass der

Druck der seitlich neu angelagerten Knochensubstanz die Veranlassung dazu abgeben dürfte.

Es ist nun des *Inhaltes der Markräume* zu gedenken. Die Ausfüllungsmasse des primordialen Markraumes, welche, wie oben bemerkt worden ist, sich aus der osteogenen Schichte des Periostes heraus entwickelt hat, gibt das Muttergewebe für das *fötale Knochenmark* ab. Es scheint, dass aus ihren zelligen Elementen sowohl die Osteoblasten, welche die enchondrale Knochenbildung vermitteln, entstammen, als auch jene lymphoiden Zellen, welche wir bereits als die eigentlichen Markzellen kennen gelernt haben. Von manchen Seiten wird allerdings die Ansicht vertreten, dass die Markzellen Abkömmlinge jener Knorpelzellen seien, welche bei Eröffnung der cylindrischen Knorpelhöhlen an der Ossifikationsgrenze in den Markraum einbezogen werden. Da indessen an diesen Knorpelzellen keine Anzeichen einer Proliferation nachgewiesen werden können, im Gegentheile sogar an ihrer Stelle häufig eine formlose molekuläre Masse gefunden wird, oder einzelne von ihnen in ganz geschrumpftem Zustande in den Markraumausbuchtungen sichtbar werden, so fehlt jede Berechtigung, ihnen die Rolle von gewebsbildenden Elementen zuzuschreiben. Andererseits kann man das Fortwuchern der Markzellen von dem primordialen Markraum her continuirlich verfolgen; es hält gleichen Schritt mit der auf demselben Wege vorschreitenden Bildung der *Blutgefässe* des Markes. Im Inneren des Markes ein ziemlich dichtes Netz darstellend, erscheinen die Gefässe an der Verknöcherungsgrenze in Form von Schlingen, welche in die vorerwähnten Markraumbuchten hineinragen; die zuführenden Schenkel dieser Schlingen stellen unverzweigte Endarterien dar (*Langer*).

Wenden wir uns nun wieder der *perichondralen* Verknöcherung zu, so fällt hier zunächst die Bildung der *Havers'schen Kanäle und Lamellensysteme* auf. Dieselbe lässt sich sehr schön an Querschnitten embryonaler Knochen verfolgen (Fig. 32 A). Man sieht da, dass jene Knochenschichten, welche der *Strelzoff'schen* Grundschichte aufgelagert sind, gegen das Perichondrium zu sich nicht in einer gerade fortlaufenden Linie begrenzen, sondern ab und zu mit mehr weniger tief greifenden Einbuchtungen versehen sind. Diese sind, wie die ganze Oberfläche der Knochenrinde, mit epithelartig geordneten Osteoblasten bedeckt. In der Mitte der Bucht ist ein Blutgefäss sichtbar. An anderen Stellen hat die Reihe der Osteoblasten bereits das ganze Blutgefäss umhüllt und endlich wird die Bucht selbst, mit ihr die Zellen und das Blutgefäss von Knochensubstanz eingeschlossen. Die Osteoblasten stellen somit auch hier ein Analogon des Knochenmarkes dar, welches zu Beginn seiner Bildung keinem *Havers'schen* Kanale fehlt.

Die in der angeführten Weise entstandene Knochensubstanz zeigt den oben erwähnten geflechtartigen Bau (vergl. S. 107).

Nachdem der Verknöcherungsprozess in der Diaphyse schon bedeutende Fortschritte gemacht hat, treten erst, bei einigen Knochen früher, bei anderen später, in den Epiphysen die Verknöcherungspunkte auf. Sie werden vorbereitet durch eine Anzahl von gefässführenden Knorpelkanälen, welche theils von der Oberfläche des Knochens, theils aber auch von der Ossifikationsgrenze der Diaphyse her gegen das Centrum des epiphysären Knorpels vordringen und sich mehr und mehr ramificiren. Auch hier bildet sich zunächst ein Verkalkungspunkt, dann ein centraler Markraum, mit welchem die Knorpelkanäle zum Theil zusammenfliessen, und von welchem aus im Wesentlichen nach denselben Gesetzen die enchondrale Knochenbildung vor sich geht, wie in der Diaphyse. Die Verknöcherungsgrenzen in der Epiphyse und Diaphyse nähern sich in Folge dessen einander und werden endlich nur noch durch eine verhältnissmässig dünne Knorpelplatte — den *Epiphysenfugenknorpel* — von einander getrennt. Dieser erhält sich so lange, bis das Wachsthum des Knochens vollendet ist. Dann aber verkalkt er gänzlich und bildet sich zu einer von *Havers'schen* Kanälen durchzogenen Knochenplatte um, welche den Epiphysen- und Diaphysenantheil des Röhrenknochens mit einander vereinigt.

Die *nicht knorpelig* vorgebildeten Knochen — die *Deckknochen* — entwickeln sich, wie bereits erwähnt, nach denselben Gesetzen, welche bisher beschrieben worden sind. Der wesentliche Unterschied ist darin gelegen, dass sie sich aus einer bindegewebigen Grundlage, welche dem häutigen Theile des Primordialkranium unmittelbar aufgelagert ist, heraus entwickeln. Man spricht daher auch von einer *intermembranösen Knochenbildung*. Das erste Auftreten eines Ossifikationspunktes ist hier dadurch gekennzeichnet, dass sich innerhalb einer, dem osteogenen Gewebe ganz ähnlichen Substanz strahlig angeordnete, mitunter verzweigte, bindegewebige Bälkchen hervorheben, welche bald durch Aufnahme von Kalksalzen fester und härter werden. In etwas späteren Stadien bemerkt man, wie die Osteoblasten sich an die Peripherie dieser Bälkchen anlagern, worauf es bald zur Bildung einer, das ganze Bälkchen umschliessenden Knochenrinde kommt. Indem die bindegewebigen Balken sich netzartig unter einander verbinden, aber auch fortfahren, sich in radiärer Richtung zu verlängern, die Osteoblasten gleichzeitig mit ihnen weiter vordringen und die Knochenbildung in dieser Weise ihren Fortgang nimmt, so findet man in späteren Stadien der embryonalen Entwicklung den Deckknochen in Form einer dünnen, aus netzartig geordneten Knochenbalken bestehenden Platte, von bindegewebigen Bildungen umschlossen. Diese Knochenplatte ist in der Mitte, an dem

ursprünglichen Ossifikationspunkte, am dicksten, wird gegen die Peripherie hin immer dünner, bis endlich an ihrem äussersten Umfange die vorhin beschriebenen Bindegewebsbälkchen mit ihrem Belag von Osteoblasten erscheinen, welche das weitere Fortschreiten der Verknöcherung vorbereiten. Man sieht in diesen Fällen, dass jedes dieser Bindegewebsbälkchen in der Richtung eines bereits verknöcherten Balkens gelagert ist, ja geradezu aus der Axe eines solchen hervorgeht und sich peripheriewärts unter deutlicher Auffaserung in das umliegende Bindegewebe verliert. Die Zwischenräume zwischen den netzförmig geordneten Knochenbalken werden durch ein blutgefässreiches Markgewebe ausgefüllt, welches aus der Wucherung des erst gebildeten osteogenen Gewebes hervorgegangen ist.

Aus dieser kurzen Darstellung kann man ersehen, dass bei der intermembranösen Knochenentwicklung die radiär angeordneten Bindegewebsbalken gewissermassen dieselbe Rolle spielen, wie die Grundsubstanz des Knorpels bei der enchondralen Verknöcherung; sie geben die Leit- und Stützgebilde ab für die nach der Peripherie hin erfolgende erste Ablagerung von neuem Knochengewebe.

Hat sich in dieser Weise der Deckknochen bis auf ein gewisses Maass nach der Fläche hin ausgebreitet, so erfolgt dann erst durch Auflagerung von Knochenlagen von dem Perioste her die Bildung der compacten Substanz, und mit ihr tritt der hauptsächlichste Faktor für ihre Zunahme nach der Dicke ein.

Nachdem bis nun die wesentlichsten, histologischen Vorgänge, welche die Neubildung der Knochensubstanz begleiten, geschildert worden sind, soll noch in Kürze einiger Momente Erwähnung geschehen, welche bei dem *weiteren Wachsthum* der Knochen in Betracht kommen.

Die in dieser Hinsicht wichtigste Frage betrifft die Art und Weise, in welcher die Volumszunahme der Knochen erfolgt. Durch lange Zeit standen sich zwei Anschauungen gegenüber. Die eine besagte: Wenn der Knochen wächst, so geschieht dies nur durch *Anlagerung neu gebildeter Knochensubstanz* (*Appositionstheorie*). Die andere Anschauung gab der Möglichkeit Raum, dass eine *Volumszunahme der bereits gebildeten Knochensubstanz* gesetzmässig erfolge durch Expansion ihrer eigenen Masse (*interstitielles Knochenwachsthum*). Nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse hat die zweite Anschauung keine Berechtigung mehr, da eine Expansion der Knochensubstanz sich nicht erweisen lässt, hingegen die sämmtlichen Erscheinungen des Knochenwachsthums in befriedigender Weise durch die Appositionstheorie erklärt werden können. Das *Dickenwachsthum* des Knochens erfolgt demnach durch successive Anlagerung neuer Knochenschichten von

Seite des Periostes; das *Längenwachsthum* durch das allmälige Fortschreiten des intracartilaginösen Verknöcherungsprozesses nach den Enden des Knochens, beziehungsweise gegen die Epiphysen hin, womit die Längenzunahme der periostalen Knochenschichten gleichen Schritt hält.

Die Entstehung und die Vergrösserung der centralen Markhöhle der Röhrenknochen beruht auf einer das Knochenwachsthum stetig begleitenden *Resorption* von Knochensubstanz in den dem Markraum zunächst gelegenen Schichten, — ein Vorgang, dessen weite Verbreitung auf die verschiedensten Stellen des Skeletes und dessen mannigfache Combination mit Ansatz neuer Knochensubstanz für die Ausbildung der typischen Formen der Knochen von der allergrössten Bedeutung ist. Schon seit *Hunter* ist bekannt, dass die enchondral entstandenen Knochentheile wieder der Resorption anheimfallen, also nur transitorische Bildungen sind. An ihrer Stelle entsteht die centrale Markhöhle, welche sich weiterhin auch noch durch Schwund eines Theiles der periostalen Knochenschichten vergrössert. In dieser Weise vergeht allmälig der ganze während der Fötalperiode und kurze Zeit nachher entstandene Knochen, während sich gleichzeitig an seiner äusseren Oberfläche immer neue, bleibende Schichten anbilden. Diese letzteren Schichten zeigen im Gegensatze zu dem geflechtartigen Gefüge des embryonalen Knochens sehr deutlich den lamellären Bau.

So ist ersichtlich, dass die Differenz in dem Gefüge der Knochensubstanz, wie zuerst *v. Ebner* betont hat, nicht aus einer Umwandlung der geflechtartigen in die lamelläre Form zu erklären, sondern schon in der ersten Anlage begründet ist. Nicht minder wird es verständlich, dass zu einer bestimmten Zeit des Wachsthums (beim Menschen ungefähr vom 1. bis in's 3. Lebensjahr) beide Formen des Knochengewebes in einem Knochen neben einander gefunden werden.

Ueber das Wesen der Knochenresorption und über die feineren Vorgänge bei derselben hat *Kölliker* durch eine Reihe von Untersuchungen Aufklärung gegeben. An allen Stellen, wo Knochenresorption stattfindet, beobachtet man ganz constant das Vorkommen der sog. *Howshipschen Lakunen* d. i. zahlreicher kleinerer oder grösserer, flacherer oder tieferer Grübchen, durch welche die betreffende Knochenfläche wie angenagt erscheint. In diesen, namentlich für pathologische Knochenresorption schon lange bekannten Vertiefungen fand nun *Kölliker* allerwärts grosse vielkernige Zellen eingelagert — die Riesenzellen der Autoren, welche jedoch *Kölliker* nach der ihnen für diese Oertlichkeit zukommenden Bedeutung als *Ostoklasten* (*Knochenbrecher*) bezeichnet. Sie sind Abkömmlinge der Osteoblasten, haben eine unregelmässige Gestalt und sind häufig an der der Oberfläche des Knochens zuge-

wendeten Seite mit einem glänzenden, leicht gestreiften Saum oder mit cilienartigen Anhängen versehen. Die Ostoklasten bilden nach *Kölliker* den hauptsächlichsten Faktor bei der Knochenresorption, indem sie, wahrscheinlich durch continuirlichen Druck auf die Oberfläche des Knochens, den Schwund desselben herbeiführen.

Derselbe Forscher hat ferner festgestellt, dass der geschilderte Vorgang keineswegs auf das Innere der Knochen beschränkt, sondern auch an der äusseren Oberfläche derselben weit verbreitet ist. An vielen Orten, wo es während des Wachsthums zu Veränderungen der Form oder der Proportionen der Knochen kommt, finden sich *typische Resorptionsflächen* (*Kölliker*), als deren wesentliche Merkmale die *Howship'schen* Lakunen und die Ostoklasten zu bezeichnen sind. Ihr Vorkommen ist stets auf einen örtlichen Schwund von Knochensubstanz zu beziehen. In Folge der umfassenden und detaillirten Nachweisungen *Kölliker's* u. A. kann es als ein ganz allgemein gültiges Gesetz hingestellt werden, *dass die Formen der Knochen und die Modellirung ihrer Oberflächen als das Resultat einer gesetzmässigen Combination von Anbildung und Resorption von Knochensubstanz zu betrachten sind.*

Anhang.

Das Fettgewebssystem.

Schon in frühen Perioden des Embryonallebens entwickelt sich bei allen Wirbelthieren an gewissen, übereinstimmenden Stellen des Körpers (Nierengegend, Ansatzstellen der Extremitäten, Hals) eine eigenthümliche Gewebsform, welche im Laufe der Entwicklung allerdings eine verschiedenartige Ausbreitung und Anordnung erfährt, immer aber ihre wesentlichen, histologischen Charaktere beibehält. Es ist dies das Fettgewebe. Von diesem muss aus einander gehalten werden das Vorkommen einzelner oder zu Gruppen geordneter, fetterfüllter Zellen, welche Bestandtheile anderer Gewebe sind, wie wir denselben namentlich häufig im fibrillären Bindegewebe, aber auch anderenorts unter Umständen begegnen. Ich bin genöthigt, trotz der wiederholten Einwendungen *Flemming's* auch heute noch an dieser Unterscheidung festzuhalten, da ich nicht anzuerkennen vermag, dass es diesem For-

scher gelungen wäre, die Gründe für meine Anschauung zu entkräften und den Beweis für seine Ansicht herzustellen, dass alles Fettgewebe nichts anderes sei, als stark vascularisirtes Bindegewebe mit fetterfüllten Zellen. Von anderen Autoren haben sich einige der Ansicht *Flemming's,* andere der von mir vertretenen angeschlossen. In der Praxis aber sehen sich alle Autoren veranlasst, dem Fettgewebe eine besondere Stelle unter den Geweben anzuweisen, und insbesondere auch gegenüber dem fibrillären Bindegewebe. Die *Merkmale des Fettgewebes* lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen.

1. Entwicklung des Gewebes von bestimmten, allen Wirbelthierklassen gemeinsamen Ausgangspunkten und gesetzmässige Ausbreitung desselben für jede Thiergattung.

2. Anordnung des Gewebes zu Läppchen, welche unter einander in genetischer Beziehung stehen.

3. Das Fettgewebe besitzt ein selbständiges, reich und typisch entwickeltes Blutgefässsystem.

4. Die Funktion des Fettgewebes in seiner Gesammtheit besteht während des regelrechten Ablaufes des thierischen Lebens in der Bereitung, Anhäufung und dem Wiederverarbeiten von Fett; seine anatomische Bedeutung findet es häufig als Polsterungs- und Ausfüllungsmittel zwischen anderen Körperbestandtheilen.

5. Das Fettgewebe persistirt als solches unter allen Ernährungsverhältnissen des Körpers, wenngleich seine Massenentfaltung und sein äusseres Aussehen den erheblichsten Variationen unterliegen kann.

Anhäufungen von fetterfüllten Zellen, welche nicht zum Fettgewebe zu rechnen sind, unterscheiden sich von dem Fettgewebe durch folgende Umstände:

1. Es fehlt die Constanz der Oertlichkeit und die typische Anordnung zu Läppchen.

2. Die Zellen waren vor ihrer Fetterfüllung integrirende Bestandtheile eines anderen Gewebes und können, wenn das Fett aus ihnen geschwunden ist, zu ihrem früheren Charakter und ihrer früheren Funktion zurückkehren.

3. Ein selbständiges Blutgefässsystem fehlt; sind überhaupt Blutgefässe in ihrer Umgebung vorhanden, so gehören sie dem Gewebe an, dessen Bestandtheile die Zellen sind.

Behufs der ersten Orientirung über die histologischen Verhältnisse des Fettgewebes wendet man sich mit Vortheil an ziemlich abgemagerte Individuen, von welchen man aus der Achselhöhle oder aus dem Retroperitonealraum u. s. w. sich eine kleine Portion des Gewebes entnimmt und mittelst feiner Nadeln die einzelnen Läppchen sorgfältig isolirt. Ganz kleine Läppchen kann man in toto auf den Objektträger bringen, grössere müssen vorher etwas aus einander gezogen oder zertheilt werden. Als Zusatzflüssigkeit ist am besten Jodserum, im Nothfalle auch

1 % Chlornatriumlösung zu benützen. Die Untersuchung des Fettgewebes von wohlgenährten Individuen ist bei weitem umständlicher; es ist hier geboten, die Injektion der Blutgefässe vorhergehen zu lassen, und sodann durch Aether oder Benzin den grössten Theil des Fettes aus den Zellen zu extrahiren, was wieder nur nach vorhergegangener Durchtränkung des Gewebes mit Alkohol thunlich ist. In allen Fällen müssen Durchschnittspräparate des gehärteten Objektes die Beobachtung ergänzen.

Die *Läppchen* des Fettgewebes sind in ihrer Form und Grösse je nach dem Ernährungszustande des Individuums und auch nach der Oertlichkeit bedeutenden Variationen unterworfen. Sie sind bald kugelig oder ellipsoidisch, bald mehr weniger abgeplattet und in die Länge gezogen, nicht selten auch strangförmig; dabei ist zu bemerken, dass ihre Gestalt wegen der grossen Weichheit ihrer Substanz in Folge von Lageveränderungen der umliegenden Theile bedeutenden Veränderungen unterworfen sein kann, ein Umstand, welcher in Bezug auf die mechanische Verwendung unseres Gewebes im Körper von höchstem Belang ist. Ein jedes Läppchen besitzt eine Hülle von fibrillärem Bindegewebe, welches in der Regel eine einfache Kapsel um dasselbe herum formt; an gewissen Oertlichkeiten aber (häufig im subcutanen Fettgewebe) dringen aus demselben einzelne, hautartige Septa auch in das Innere des Läppchens eine Strecke weit hinein, so dass es unvollkommene fächerige Abtheilungen erhält.

Fig. 41.

Theil eines Fettgewebsläppchens aus der Achselhöhle eines sehr abgemagerten jungen Mannes, mit Nadeln isolirt, frisch mit Kochsalzlösung bereitet. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

Ein jedes Fettgewebsläppchen zeigt ein in sich völlig abgeschlossenes *Blutgefässsystem*, welches durch ein, selten durch zwei arterielle Gefässchen gespeist wird und in paarigen Venen seinen Abfluss findet. Sowie die Arterie in das Läppchen eingetreten ist, zerfällt sie rasch in mehrere Zweigchen, aus welchen dann in ununterbrochener Folge capillare Röhrchen hervorgehen. Die letzteren sind verschiedentlich gekrümmt und stellen durch reichliche netzartige Anastomosen ein dichtes Maschenwerk her, welches gewissermassen die Stütze des ganzen Gewebes abgibt. In den rundlichen Capillarmaschen sind die *Fettgewebszellen* eingelagert, deren Eigenschaften bereits auf Seite 70 u. ff. besprochen worden sind. Ihr Verhältniss zu den Capillargefässchen schwankt mit dem Fettgehalt des ganzen Läppchens, weil davon gleichzeitig die Menge der vorhandenen formlosen Zwischensubstanz abhängig ist.

Hat man das Gewebe eines sehr abgemagerten Individuums vor sich, so sieht man die einzelnen abgeplatteten, nur kleine Fetttröpfchen führenden Zellen ganz lose in den Capillarmaschen gelegen, es bleibt ein beträchtlicher, von formloser Zwischensubstanz erfüllter Raum zwischen ihnen übrig. Diese Zwischensubstanz ist im frischen Zustande vollkommen klar und durchsichtig und, wie man sich beim Zerzupfen rein isolirter Läppchen überzeugen kann, von zähflüssiger Beschaffenheit. Zusatz von Essigsäure bewirkt eine feinkörnige Trübung und Schrumpfung derselben. Es kann daher wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass sie viel Schleim beigemengt enthält. Bei mässig abgemagerten Individuen enthalten die Fettgewebszellen noch eine ansehnliche Menge von Fett und füllen die Capillarmaschenräume mehr oder weniger aus; die Zwischensubstanz, wenngleich noch nach den obigen Kennzeichen leicht nachweisbar, tritt an Masse sehr zurück. Bei gutem Ernährungszustande sind die Fettgewebszellen völlig mit Fett erfüllt und lassen für die Zwischensubstanz nur sehr wenig Raum übrig. Sie liegen den Gefässcapillaren allerseits ganz innig an; die letzteren selbst sind, ausser im künstlich injicirten Zustande, nur sehr schwer sichtbar, einerseits weil sie am herausgenommenen Objekte meist blutleer sind, andererseits aber wegen der optischen Eigenschaften des Fettes, welches nun die bei weitem grösste Masse des ganzen Gewebes ausmacht. Bemerkenswerth ist übrigens die mehrfach bestätigte Beobachtung, dass selbst bei gut genährten Individuen an der Peripherie der Fettgewebsläppchen häufig Zellen vorkommen, welche verhältnissmässig klein sind, weniger Fett enthalten und das Protoplasma deutlicher erkennen lassen, als die mehr central gelegenen Zellen.

Aus den angeführten histologischen Verhältnissen erklärt sich ganz gut das differente äussere Ansehen des Fettgewebes bei verschiedenen Ernährungszuständen. Die Fettgewebsläppchen stark abgemagerter Personen sind klein, schlaff und wegen des Vorwiegens der Gefässausbreitung meist gelblich roth, selbst dunkelroth gefärbt. *Flemming* hat den Nachweis geliefert, und ich kann es bestätigen, dass bei höhergradigem Fettschwund ein Theil des Gefässsystems der Fettgewebsläppchen einem Rückbildungsprozess anheimfällt und zu Grunde geht. Bei mässiger Abmagerung sind die Dimensionen der Läppchen entsprechend grösser, die Farbe je nach dem Blutgehalte eine gelbliche oder röthlichgelbe — es macht sich eben in diesem Falle der in dem Fette gelöste Farbstoff mehr bemerkbar. Bei wohlgenährten Individuen ist die Farbe des Fettgewebes eine rein weisse oder gelblich weisse, die Läppchen sind je nach der Beschaffenheit des umgebenden Bindegewebes mehr oder weniger prall gespannt. Die Unterschiede, welche in den äusseren Charakteren des Fettgewebes mit Bezug auf

das Alter des Individuums, auf die Oertlichkeit und mit Bezug auf die Thiergattung bemerkbar sind, beruhen zum Theil auf der verschiedenen chemischen Zusammensetzung des Fettes, auf dem verschiedenen Gehalt an Farbstoff und zum nicht geringsten Theile auf dem Verhalten des umliegenden Bindegewebes nach seiner Masse, Dichtigkeit und Anordnung.

Dass das Fettgewebe *Nerven* besitzt, kann keinem Zweifel unterliegen. Es gelingt nicht selten, das Eindringen markhaltiger Fasern an der Seite der Blutgefässe in das Innere eines Läppchens zu beobachten; über ihr weiteres Verhalten ist jedoch bisher nichts bekannt geworden.

Lymphgefässe habe ich zuerst an zahlreichen Präparaten *C. Langer's* in dem Fettgewebe von Fischen injicirt gesehen, später auch selbst in dem Fettkörper des Frosches und in dem subcutanen Fettgewebe des Menschen in Form von weitmaschigen Capillargefässen nachweisen können. Niemals jedoch war die Injektion so vollständig gelungen, dass die Gesammtanordnung derselben in einem Läppchen ersichtlich geworden wäre.

II. Kapitel.

Der active Bewegungsapparat.

I. Die Muskulatur mit quergestreiften Elementen.

Von jenen Muskeln des Körpers, deren wesentlichstes Formelement die quergestreifte Muskelfaser darstellt, zeigen die allermeisten, und zwar insbesondere die Skeletmuskeln im engeren Sinne, einen der Hauptsache nach übereinstimmenden Bau. Es ist an ihnen zu berücksichtigen: der Aufbau des eigentlichen Muskelkörpers, die Ursprungsverhältnisse desselben an den Knochen und sein Uebergang in die Sehnen.

Um die Zusammensetzung eines Muskels zu studiren, benützt man am besten Querschnitte desselben, welche sich aus den in Alkohol gehärteten Objekten leicht anfertigen lassen. Für die allgemeine Uebersicht ist es zweckmässig, zunächst einen der langen Muskeln des neugebornen Kindes zu benützen, für die nähere Untersuchung der Details aber muss man sich an erwachsene Individuen wenden; und zwar ist es in Beziehung auf die letzteren empfehlenswerth, die Muskeln vor der Erhärtung in Alkohol durch einige Zeit in verdünnte Chromsäure zu legen.

Als allgemeines Gesetz für den Aufbau der Skeletmuskeln gilt, dass stets eine Anzahl von parallel zu einander verlaufenden Muskel-

fasern durch eine vollständige Hülle aus fibrillärem Bindegewebe zu einem Bündel vereinigt ist. Solcher *primärer Muskelfaserbündel* wird nun wieder eine Anzahl durch eine stärkere Bindegewebshülle zu *secundären Bündeln* zusammengefasst; aus diesen bilden sich *tertiäre Bündel* u. s. w. Auf dem Querschnitt erscheint daher der Muskel durch derbere Bindegewebsstreifen in mehrere Felder getheilt, deren jedes wieder durch feinere Bindegewebssepta in mehrere Unterabtheilungen zerfällt. Man kann sich leicht die Ueberzeugung verschaffen, dass alle diese Scheidewände der verschiedenen Muskelbündel sowohl unter sich, als auch mit der gemeinsamen Bindegewebshülle des ganzen Muskels (Fascie) in fortlaufendem Zusammenhang stehen und ein in einander geschaltetes Fachwerk darstellen. Von der verschieden mächtigen Ausbildung dieser Scheidewände (auch *Perimysien der Muskelbündel* genannt) hängt zum grossen Theile das makroskopische Aussehen der verschiedenen Muskeln ab, indem je nach derselben die einzelnen secundären und tertiären Muskelbündel dem freien Auge mehr oder weniger leicht unterscheidbar werden. Bei den sog. grobfaserigen Muskeln (Gluteus maximus) sind eben diese Scheidewände sehr stark entwickelt, während Muskeln mit mehr compaktem, gleichartigem Aussehen, dünnere und zartere Perimysien besitzen. Dieselben bestehen aus fibrillärem Bindegewebe mit mehr weniger zahlreich eingestreuten elastischen Fasernetzen. Sie sind die Träger der gröberen Ramifikationen der Gefäss- und Nervenstämmchen, welche den Muskel versorgen.

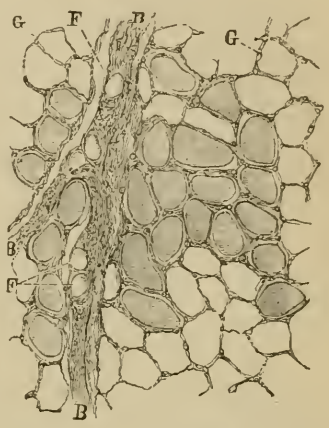
Untersucht man den Querschnitt eines einzelnen *primären* Muskelbündels bei stärkerer Vergrösserung (Fig. 42), so nimmt man sogleich wahr, dass niemals zwei Muskelfasern sich unmittelbar berühren, sondern dass jede einzelne für sich von einer zarten bindegewebigen Scheidewand umgeben ist. Diese, mit dem Perimysium des Muskelbündels in Zusammenhang stehende Hülle, welche also das *Perimysium der einzelnen Muskelfaser* darstellt, zeigt sich an Zupfpräparaten als ein äusserst zartes continuirliches Häutchen, an dem man kaum eine fibrilläre Struktur erkennen kann. In ihm sind die Gefässcapillaren und die letzten Ausbreitungen der Nerven eingeschlossen. Eine noch grössere Wichtigkeit aber erlangen sie mit Rücksicht darauf, dass ihnen bei der Verbindung des Muskels mit der Sehne eine hervorragende Rolle zukommt.

Untersucht man lange, spindelförmige oder bauchige Muskeln in Bezug auf ihr *Verhältniss zur Sehne,* so sieht man sowohl bei einfacher Präparation, als auch an successiven Durchschnitten, dass sich die letztere nicht scharf gegen den Muskelkörper absetzt, sondern bald in mehrfache Bündel aufgelöst in das Innere des Muskelfleisches eindringt, bald aber als derberer hautartiger Belag (Sehnenspiegel) einen grösseren

oder geringeren Theil der Oberfläche des letzteren überzieht. Dasselbe ist auch bezüglich der Ursprungsportionen vieler Muskeln leicht zu constatiren. Dadurch ist zunächst eine grössere Contactfläche zwischen Muskel und Sehne hergestellt, aber auch bedingt, dass die Fasern eines Muskels in sehr verschiedener Höhe ihren Anfang und ihr Ende finden können. (Bei den gefiederten Muskeln springt das Verhältniss noch mehr in die Augen, gilt aber auch für die platten Muskeln.)

Was nun den histologischen Befund anbelangt, so habe ich durch zahlreiche Untersuchungen die Ueberzeugung erlangt, dass sich die Perimysia der einzelnen Muskelfasern direkt in die Elemente der Sehnenfascikel fortsetzen. Man kann dies am sichersten erkennen, wenn man eine enthäutete Extremität eines kleinen Thieres (Kaninchen oder Meerschweinchen) auf 24 Stunden in eine sehr dünne Chlorgoldlösung (0,5 pro mille) bringt und dann nach gehörigem Auswaschen mit salzsaurem Wasser dieselbe durch mehrere Tage in einer Mischung von 1 Theil absoluten Alkohols und 2 Theilen Wasser liegen lässt. Zerzupft man dann das Sehnenende eines von den, in ihrer natürlichen Spannung erhaltenen Muskeln in derselben Alkoholmischung (wobei man die Nadeln immer nur an die Sehnenstümpfe ansetzt), so erkennt man sehr leicht, dass jede einzelne Muskelfaser an ihrem Ende stumpf abgerundet oder mehr weniger zugespitzt ist und das Sarkolemma als eine in sich geschlossene Membran dem Endstück der Muskelfaser gerade so anliegt, wie allenthalben an ihrer Peripherie. Das Perimysium der Muskelfaser schliesst sich kelchartig über dem Ende der letzteren und läuft ohne Unterbrechung in das Bindegewebe der Sehne fort. In derselben Weise verhalten sich alle Muskelfasern an ihrem, der Sehne oder ihren Ausläufern unmittelbar zugewendeten Ende; aber auch dort, wo sich das Muskelfleisch direkt an Skeletbestandtheile anheftet, gehen die Perimysia der einzelnen Fasern ohne Unterbrechung in das Bindegewebe des Periostes (Perichondriums) ein. Ganz ähnlich gestaltet sich auch das Verhältniss überall, wo Muskelfasern im Inneren des Muskelkörpers ihr Ende erreichen.

Fig. 42.



Aus einem, quer zur Faserrichtung geführten Durchschnitt durch den zweiköpfigen Armmuskel des Menschen.

B Durchschnitt einer stärkeren bindegewebigen Scheidewand. F Fettzellen in derselben. Die Durchschnitte der membranösen Hüllen der Einzelnfasern bilden eine Art von Netzwerk, in dessen Maschen je eine Muskelfaser liegt (an vielen sind sie im Präparate herausgefallen). In dem Netzwerk die Querschnitte von capillaren Blutgefässen (G).

(Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)

Indem so eine jede Muskelfaser innerhalb eines ihr allseitig anliegenden, bindegewebigen Schlauches sich befindet, werden alle Formveränderungen der ersteren auf den letzteren übertragen. Man hat sich demzufolge die Wirkung jeder einzelnen Muskelfaser nicht so vorzustellen, dass sie an einer Sehnenfaser, wie an einem Strange, ziehe, dass ihre Contraction nur mittelst ihrer beiden Enden auf die zu bewegenden Theile wirke; sie überträgt vielmehr entlang ihrer ganzen Oberfläche eine jede Veränderung nach der Länge und Dicke auf ihr Perimysium, und dieses pflanzt im gegebenen Falle den Zug auf die Sehne fort, d. h. der Muskel gelangt zu seiner Wirkung *durch die Continuität des bei seinem Aufbau verwendeten Bindegewebes* von seinem Ursprung bis zu seiner Insertion.

In früherer Zeit wurde durch *Leydig* und *Reichert*, und später noch durch *Wagener* der Zusammenhang zwischen Muskel und Sehne so dargestellt, dass das Sarkolemma der einzelnen Fasern sich direkt in die Substanz der Sehne fortsetze. Dies ist nach den angegebenen Thatsachen gewiss unrichtig. Aber auch eine andere, von *Weismann, Herzig* und *Biesiadecky* u. A. herrührende und weit verbreitete Anschauung erschöpft das Verhältniss nicht vollständig, insoferne, als sie zwar die in sich geschlossene Endigung der Muskelfasern und ihres Sarkolemmas anerkennt, aber auf den continuirlichen Uebergang der Perimysia der einzelnen Muskelfasern in das Sehnengewebe nicht hinreichende Rücksicht nimmt. *Weismann* glaubte vielmehr gefunden zu haben, dass die Enden der Muskelfasern zum Theil an einer ebenen Sehnenfläche, zum Theil aber in entsprechende Grübchen der letzteren eingekittet seien.

Die *Inscriptiones tendineae* mancher Muskeln sind ihrer Bedeutung nach nichts anderes, als in den Muskelkörper eingelagerte Sehnen, an denen eine Anzahl von Muskelfasern ihren Ursprung und andere ihr Ende nehmen.

Etwas abweichend von den Skeletmuskeln verhalten sich jene, welche der Haut oder anderen Weichgebilden angehören (Gesichtsmuskeln, Sphincteren, Zungenmuskeln). Es ist zwar die bündelförmige Anordnung der Fasern auch hier allgemein verbreitet, doch gehen die Richtungen der verschiedenen Muskelbündel in verschiedener Weise durch einander; es kommen häufig Durchflechtungen derselben vor (Zunge — Orbicularis oris), ja gegen das Hautende hin können sich die Bündel allmälig völlig auflösen, es kommt zu Durchkreuzungen der einzelnen Fasern selbst, welche dann vereinzelt in dem Bindegewebe der Haut auslaufen. Daraus ergibt sich von selbst, dass die Perimysia der einzelnen Muskelbündel nicht in so einfacher und constanter Beziehung zu einander stehen, wie an den Skeletmuskeln, andererseits aber auch, dass die einzelnen Hautmuskeln nicht so compacte, in sich geschlossene Körper darstellen, wie das bei den Skeletmuskeln ganz allgemein der Fall ist. Die näheren Details über die Endigung dieser Muskeln im Bindegewebe sind noch nicht genauer erforscht; wahrscheinlich finden sich hier analoge Verhältnisse, wie sie bezüglich der Skeletmuskeln beschrieben worden sind. — Die eigenthümliche Anordnung der Muskulatur des Herzens wird noch betreffenden Ortes zur Sprache kommen.

Die *Blutgefässe* der quergestreiften Muskulatur sind ausserordentlich zahlreich. Die grösseren arteriellen und venösen Aeste dringen

an bestimmten Stellen des Muskels ein, und verzweigen sich mit auf- und absteigenden Zweigen in dem Bindegewebe desselben. Der Anordnung der Perimysia entsprechend, breiten sie sich weiter aus und zerfallen in dem Perimysium eines jeden primären Bündels in ihre Endäste, welche schief oder quer zur Richtung der Muskelfasern verlaufen. Von diesen Endästen aus breitet sich das Capillarsystem in sehr regelmässigen langgestreckten Maschen in dem Perimysium der einzelnen Fasern aus, so dass für jede Muskelfaser ein korbartiges Netz von Capillaren entsteht, welches indessen nirgends in direkte Berührung mit dem Sarkolemma tritt, sondern ganz von dem Bindegewebe der Perimysia getragen wird.

Lymphgefässe kommen den Muskeln ebenfalls in reichlicher Ausbreitung zu. Sie folgen mit ihren Ramifikationen den Verästlungen der kleineren Blutgefässe, wie im Allgemeinen weiter unten beschrieben werden soll.

Ueber die *Nerven* der Muskulatur wird weiter unten das Nöthige beigebracht werden.

II. Die Muskulatur mit glatten Elementen.

Sie zeigt je nach den verschiedenen Oertlichkeiten, an welchen sie im Körper getroffen wird, eine ziemlich wechselnde Anordnung. Die grösste Verbreitung findet sie in Form von dünneren oder dickeren *Platten*, als welche sie, gewöhnlich eigene Schichten darstellend, in röhrenförmig angelegten Organen eingetragen ist. In dieser Weise erscheint die glatte Muskulatur am Magen und Darm, am Vas deferens, am Ureter u. s. f. Die einzelnen Fasern einer solchen Muskelplatte sind dann durchgehends parallel zu einander geordnet und durch eine strukturlose Kittmasse mit einander verklebt. In grösseren Abständen sind solche Muskelplatten von Bindegewebssepimenten, welche stärkere Blutgefässe führen, durchbrochen und so in einzelne bündelartige Streifen getheilt. Manche von diesen Muskelplatten zeigen insoferne eine lockerere Fügung, als sie von reichlichem Bindegewebe durchzogen sind, wodurch zahlreiche kleine und aus wenigen Fasern bestehende Bündel entstehen, welche indessen alle eine gleiche Verlaufsrichtung besitzen. In anderen Fällen (wie in den Blutgefässen) sind diese Muskelschichten von mehr oder weniger reichlichen elastischen Fasernetzen durchsetzt. Sehr häufig sind in einem schlauchförmigen Organ mehrere solcher Muskelplatten eingefügt, welche dann meist dadurch sich von einander unterscheiden, dass die Fasern der einen senkrecht zur Verlaufsrichtung der anderen geordnet sind, und zwar zu allermeist so, dass die einen der Axe des Schlauches entsprechend, die anderen quer zu derselben verlaufen.

Eine andere Anordnung der glatten Muskulatur ist die *netzförmige*. Sie findet sich in besonders ausgezeichneter Entwicklung in der Wand der Harnblase und ist dadurch charakterisirt, dass die Fasern zu gröberen und feineren Bündeln geordnet sind, welche sich in den verschiedensten Verlaufsrichtungen durchkreuzen, und welche noch dadurch in eine besonders innige Verbindung gebracht werden, dass von den einzelnen Bündeln sich fort und fort Fasern abzweigen, welche sich dann an andere Bündel anlagern, so dass ein dichtes Flechtwerk resultirt, welches nur sehr schwer zu entwirren ist. Trotzdem kann an vielen Stellen eine oder die andere Verlaufsrichtung der Muskelbündel im Allgemeinen vorwiegend sein. Die ausgedehnte und von ihrem Epithel befreite Harnblase des Frosches ist für diese Muskelanordnung ein sehr passendes Beobachtungsobjekt. Man kann an ihr sogar Theilungen einzelner Muskelfasern unschwer erkennen.

In anderen Organen (Uterus und Prostata) bildet die glatte Muskulatur *voluminösere Massen*, welche sich im Ganzen durch eine vielfache Ueberkreuzung und Durchflechtung verschieden starker Muskelbündel auszeichnen.

Endlich kommen häufig glatte Muskelfasern in zerstreuten, mehr selbständigen Bündeln, oder auch ganz vereinzelt im Bindegewebe eingelagert vor. Das erstere ist beispielsweise mit den Haarbalgmuskeln der Fall, das letztere in der Milz, in den Lymphknoten u. s. w. Mitunter laufen solche, mehr selbständige Muskelbündel in feine Sehnen aus, welche fast ganz aus elastischen Fasern zusammengesetzt sind. Eine Vermischung der glatten mit quergestreifter Muskulatur kommt in der Regel nicht vor; an einzelnen Stellen jedoch, wo beide Muskelarten an einander grenzen, z. B. in der Speiseröhre, am sog. Halse der Harnblase, setzen sie sich nicht scharf von einander ab, sondern es vollzieht sich ein allmäliger Uebergang, indem Bündel von glatten und quergestreiften Fasern eine gewisse Strecke weit neben oder durch einander verlaufen.

Die *Blutgefässe* der glatten Muskulatur verzweigen sich mit ihren grösseren Stämmchen in den bindegewebigen Dissepimenten; zwischen die Faserlagen selbst dringen nur capillare Gefässchen ein, welche daselbst weite, langgestreckte Maschennetze formen. Auch an *Lymphgefässen* ist die glatte Muskulatur ziemlich reich; sie formen mit ihren Capillaren gestreckte oder rundliche Maschen, welche mit denen der Blutgefässe sich überkreuzen; die stärkeren, abführenden Stämmchen liegen in den grösseren, bindegewebigen Scheidewänden.

Ueber die *Nerven* siehe unten.

III. Kapitel.

Der Nervenapparat.

Die Bestandtheile des Nervenapparates: *Centralorgan* und *Ganglien*, sowie die *Nerven* mit ihren *Endapparaten* enthalten sämmtlich zweierlei, zunächst durch ihre physiologische Leistung verschiedene Baumittel. Die einen sind die *nervösen Elemente*, d. h. Nervenfasern und Ganglienzellen; die anderen können im Allgemeinen den Bindesubstanzen an die Seite gestellt werden, indem sie für die nervösen Elemente ein stützendes Gerüste herstellen. Die Differenzen in dem Aufbau der einzelnen Abschnitte und Bezirke des Nervenapparates sind im Wesentlichen theils auf die verschiedenen Formen der in Verwendung kommenden nervösen Elemente und auf ihre Vertheilung und Anordnung, theils aber auf gewisse Unterschiede in der Beschaffenheit der Stützsubstanz zurückzuführen. In dieser Weise erhalten insbesondere auch die verschiedenen Regionen des centralen Nervensystems ihre eigenthümlichen Charaktere. Die *weisse Substanz* desselben ist ausgezeichnet durch ihren grossen Gehalt an markhaltigen Nervenfasern; von den beiden Formen der *grauen Substanz* ist die *Substantia spongiosa* durch ihren Reichthum an Ganglienzellen und feinen Nervenfasernetzen, die *Substantia gelatinosa* durch die Spärlichkeit der nervösen Elemente charakterisirt.

I. Das Centralorgan*).

Das nervöse Centralorgan (Centralnervensystem) zerfällt für die makroskopische Beschreibung in zwei Theile: das im Wirbelkanal gelegene *Rückenmark* und das von der Schädelkapsel umschlossene *Gehirn*. Von diesen beiden besitzt das erstgenannte Organ eine relativ einfache äussere Form, das Gehirn hingegen lässt schon bei äusserer Betrachtung mehrfache Theile unterscheiden, von denen ein jeder für sich die gleiche Selbständigkeit beanspruchen darf, wie das Rückenmark dem Gehirn als Ganzem gegenüber. Diese Theile sind: das *verlängerte Mark* und die *Brücke*, das *Kleinhirn*, das *Mittelhirn* und das *Grosshirn*.

Wie durch die äussere Gestalt sind die Abschnitte des Centralorganes auch durch besondere Eigenthümlichkeiten ihres inneren Aufbaues aus grauer und weisser Substanz ausgezeichnet, und stehen sämmtlich durch vielfach verschlungene Nervenfaserzüge unter einander sowohl als mit den peripheren Theilen des Nervenapparates in Verbindung. Die Auffindung und Sicherstellung dieser Verbindungswege

*) Dieser in Rücksicht der Darstellung des Faserverlaufes im Centralnervensystem vollständig neu bearbeitete Abschnitt stammt von *Prof. Kahler*.

zählt zu den Hauptaufgaben der histologischen Erforschung des Centralorganes, als deren Endziel zu betrachten ist: Die Auflösung des Centralnervensystems in zusammenhängende Reihen von durch eingeschobene Ganglienzellen stellenweise unterbrochenen Nervenfaserzügen, welche zur Verbindung eines peripheren Nerven (mittelbar der zugehörigen peripheren Endapparate) mit den in unmittelbaren Beziehungen zum Sensorium stehenden centralen Endapparaten dienen. Letztere haben ihren Sitz in der Rinde der Grosshirnhemisphären.

Jede diesem Zwecke dienende Reihe von nervösen Elementen bezeichnet man mit dem Namen *Leitungssystem*, die einzelnen Elemente der Reihe, das sind: Ganglienzellen und zwischen die Zellenstationen in bestimmter Weise eingefügte Nervenfasern, nennt man *Glieder des Leitungsystemes.*

Das Rückenmark.

Es stellt bekanntlich ein strangförmiges Organ dar, welches durch einen *vorderen* und einen *hinteren Längsspalt* (*Fissura longitudinalis anterior* und *posterior*) in zwei unvollständig von einander geschiedene, symmetrisch geformte Hälften getheilt wird. Die graue und die weisse Substanz bilden, eine jede für sich, der ganzen Länge des Organs nach ein Continuum und sind so geordnet, dass die erstere die centralen Parthien einnimmt und von der letzteren wie von einem Mantel allseitig umschlossen ist. Die weisse Substanz ist jederseits durch zwei, an der Oberfläche ziemlich deutlich sichtbare, den Reihen der austretenden Nervenwurzeln entsprechende Furchen (*Sulcus lateralis anterior* und *posterior*) in einen *vorderen*, einen *seitlichen* und einen *hinteren* Strang getheilt und nimmt von unten nach oben sehr allmälig, aber stetig an Mächtigkeit zu (Vorderstang, Seitenstrang, Hinterstrang). Im oberen Brusttheile und im Halstheile des Rückenmarkes ist jede Hinterstranghälfte durch eine seichte Längsfurche (Sulcus intermedius posterior) in zwei Theile gespalten, von denen der mediale als *zarter Strang* (*Goll'scher Strang*), der laterale als *Keilstrang* bezeichnet wird. An dem Querschnitt des Organes entspricht die vordere Längsfurche dem vorderen Längsspalt, *Fissura anterior*, die hintere Längsfurche dem *Septum posterius*, der Sulcus intermedius dem *Septum intermedium.*

Die graue Substanz nimmt in Form eines seitlich abgeplatteten Stranges die centrale Parthie einer jeden der beiden Rückenmarkshälften in Anspruch, bildet aber insofern ein Ganzes, als die beiden grauen Stränge (gewöhnlich *Hörner* oder *Säulen* genannt) durch eine *frontal* gestellte schmale Brücke (*Commissur*) unter sich in Zusammenhang stehen. An Querdurchschnitten des Rückenmarkes (Fig. 46) erscheint demnach

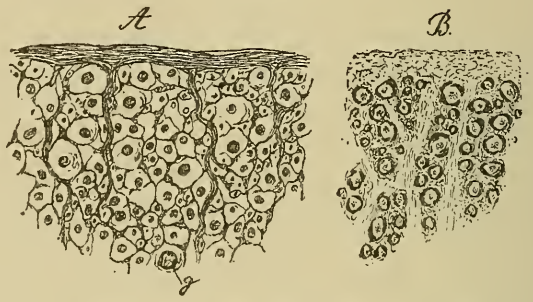
die graue Substanz in einer H ähnlichen Figur, deren querer Schenkel den Durchschnitt des Commissurenblattes repräsentirt. Die beiderseits von demselben nach vorne sich erstreckenden Bezirke der grauen Substanz (die *Vorderhörner*, Vordersäulen) sind etwas breiter und massiger als die nach hinten gerichteten Antheile (die *Hinterhörner*, Hintersäulen). In den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarkes ergeben sich übrigens typische Verschiedenheiten in der Gestalt und Grösse des Vorder- und Hinterhornes, welche leicht für das freie Auge zu erkennen sind. Die Hinterhörner sind an ihrer Basis, in der Frontalebene der Commissur mit einer leichten Einschnürung versehen (*Cervix*), schwellen dann zu einem spindelförmigen Körper an (*Caput*), und erreichen endlich unter beträchtlicher Verschmälerung (*Apex*) den Grund der hinteren Seitenfurche. Bemerkenswerth ist ferner ein an der lateralen Seite des Vorderhornes in den Seitenstrang hineinragender Vorsprung, welcher als *Seitenhorn* bezeichnet wird. Er befindet sich jederseits annähernd in einer Ebene mit der Commissur und ist in dem oberen Theile des Dorsalmarkes am stärksten ausgeprägt (Fig. 46, I und V, s.). Unmittelbar hinter dem Seitenhorn trifft man den *Processus reticularis* (Fig. 46, r.). Derselbe wird zum Hinterhorn gerechnet und besteht aus schmäleren und breiteren Zügen grauer Substanz, welche aus der compakten Masse desselben hervortreten, sich netzartig verbinden und grössere oder kleinere Nervenfaserbündel des Seitenstranges zwischen sich fassen. Das Vorderhorn und der vordere Antheil des Hinterhornes bestehen aus spongiöser Substanz; der hintere Theil des Hinterhornes ist schon für das freie Auge durch ein eigenthümlich gallertartiges Aussehen ausgezeichnet und führt den Namen *Substantia gelatinosa Rolandi*. Von der medialen Seite der grauen Substanz geht an der Grenze zwischen Vorder- und Hinterhorn die *Commissur* ab. In ihr liegt genau median der Querschnitt des *Centralkanales*, welcher das ganze Rückenmark der Länge nach durchzieht. Der vor dem Centralkanal gelegene Theil der Commissur wird als *vordere graue Commissur*, der rückwärts gelegene Theil als *hintere graue Commissur* bezeichnet. Die den Centralkanal unmittelbar umgebende Gewebsschichte führt den Namen *Substantia gelatinosa centralis* oder *centraler Ependymfaden*. Vor der vorderen grauen Commissur, am Grunde des vorderen Längsspaltes liegt ein schmales, die beiden Vorderstränge verbindendes Markblatt — die *vordere weisse Commissur*.

Nervöse Elemente des Rückenmarkes. In der *weissen* Substanz sind sie fast ausschliesslich durch markhaltige Nervenfasern vertreten. Dieselben zeigen hier die schon einmal (Seite 95) erwähnte

Eigenthümlichkeit, dass man eine *Schwann'sche* Scheide an ihnen nicht nachweisen kann; jedoch hat *Gerlach* auf Thatsachen gegründete Erwägungen beigebracht, nach welchen die Möglichkeit ihres Vorhandenseins nicht ausgeschlossen werden darf. Wenn ihr direkter Nachweis bis nun nicht gelungen ist, so könnte dies in einer innigen Verklebung derselben mit der Stützsubstanz begründet sein, in Folge welcher ihre Darstellung im Zusammenhange mit der isolirten Nervenfaser unmöglich würde.

Die Fasern zeigen an verschiedenen Stellen einen sehr verschiedenen Dickendurchmesser. Die stärksten finden sich an der Peripherie der hinteren Hälfte der Seitenstränge und in den Vordersträngen, die feinsten in dem medialen Abschnitt der Hinterstränge und in den Seitensträngen an den lateralen Flächen der Vorder- und Hintersäulen.

Fig. 43.



Querschnitt durch die *weisse Substanz* des Rückenmarkes. (Hartnack, Obj. VII, Ocul. 3.)
A. Von der Peripherie der hinteren Hälfte des Seitenstranges. (Carminpräparat.) g Gefässdurchschnitt.
B. Von der Peripherie der vorderen Hälfte des Seitenstranges. (Säurefuchsinpräparat nach *Weigert's* Methode.)

Die übrigen Theile des Rückenmarksquerschnittes weisen dickere und dünnere Fasern unter einander gemengt auf, was vor Allem in den Seitensträngen sehr auffallend hervortritt.

Der Verlaufsrichtung nach kann man in der weissen Substanz Fasern unterscheiden, welche der Länge des Organes nach ziehen und solche, deren Verlauf senkrecht auf diese oder schräg gerichtet ist. Die ersteren bilden die überwiegende Mehrzahl; sie sind durch zwischen gelagerte Bindesubstanz zu grösseren oder kleineren Bündeln geordnet, welche eben den grössten Theil der weissen Stränge zusammensetzen.

Am Querschnitt des Rückenmarkes erscheinen diese Bündel als Gruppen von kreisrunden oder etwas in ihrer Gestalt verzerrten Scheiben, deren Centrum den bei geeigneter Färbung des Präparates scharf hervortretenden Querschnitt des Axencylinders enthält (Sonnenbildchenfigur).

Der Faserverlauf in der weissen Substanz wird später im Einzelnen dargestellt werden; hier sei nur noch die Zusammensetzung der *vorderen weissen Commissur* aus quer verlaufenden, markhaltigen Nervenfasern, die sich spitzwinklig vor der grauen Commissur kreuzen, erwähnt.

Diese *Kreuzungscommissur* besitzt in verschiedenen Höhen des Rückenmarks verschiedene Mächtigkeit; im oberen Halstheil nimmt sie rasch an Umfang zu und bildet so den Beginn der Pyramidenkreuzung (siehe unten). In ihr finden sich allerorts einzelne Bündel senkrecht aufsteigender Fasern.

Viel mannigfaltiger und ungleich complicirter gestalten sich die nervösen Elemente der *grauen Substanz*. Es sind hier Nervenfasern und Nervenzellen zu berücksichtigen.

Die *markhaltigen Nervenfasern* unterscheiden sich von denen der weissen Substanz durch eine viel unregelmässigere Anordnung und insbesondere durch das Vorkommen von zahlreichen Verästigungen während ihres Verlaufes, in Folge deren sie immer mehr an Dicke abnehmen. Während ein Theil dieser Fasern die graue Substanz einfach durchsetzt, um früher oder später wieder in die weissen Stränge einzutreten, sieht man andere, nachdem sie nach mehrfachen Theilungen marklos geworden sind, in

Fig. 44.

Die zwei Zweige einer Nervenfaser (N) übergehen, jeder für sich, in ein feines Nervenfasernetz, welches sich aus den verästigten Protoplasmafortsätzen einer Ganglienzelle entwickelt. Carmin-Ammoniak-Präparat aus dem Rückenmark des Ochsen. Copie nach *Gerlach*. (Vergrösserung 150.)

ein ausserordentlich dichtes *Netzwerk feinster Fibrillen* übergehen (Fig. 44). Diese Nervennetze sind durch die ganze spongiöse Substanz des Rückenmarkes verbreitet und stehen mit den verästigten Fortsätzen der Ganglienzellen in direktem Zusammenhang.

Dieses Netzwerk, zuerst von *Gerlach* genau beschrieben und dargestellt, ist nur durch besondere Methoden, bei sehr exaktem Vorgehen sichtbar zu machen. Der genannte Forscher bediente sich der Färbung mit Goldchloridkalium nach vorausgegangener Härtung in doppelt chromsaurem Ammoniak (1—2 proz. Lösung) oder der Tinction mit Carminammoniak; bei letzterer Methode müssen jedoch die Schnitte aus dem ganz frischen, noch lebenswarmen Organ entnommen und durch 2—3 Tage in einer schwachen Lösung (0.1—0.2 pro mille) von chromsaurem Ammoniak gelegen sein: dann erst kommt das Färbemittel in Anwendung. Die feinsten Partheien der gefärbten Schnitte werden dann mit Hülfe der Loupe vorsichtig zerzupft. Durch beide Methoden erreicht man den Vortheil, dass nur die Nervennetze, nicht aber die Stützsubstanz, tingirt werden.

Eine relativ einfache, aber geradezu überraschend wirksame Methode zur Tinction der in der grauen Substanz verlaufenden markhaltigen Fasern ist von *Weigert* angegeben worden. Feine Schnitte von in Chromsalzlösung gut gehärtetem Rückenmark werden in einer gesättigten wässrigen Lösung von *Säurefuchsin* gefärbt (mindestens eine Stunde), dann in einer schwachen alkoholischen Kalilösung (1 : 1000) zum Theil entfärbt und in reinem Wasser ausgewaschen. Sämmtliche Stützsubstanzen, die Ganglienzellen, die Axencylinder und marklosen Nervenfasern erscheinen ungefärbt, die Markscheiden hingegen haben sämmtlich eine intensiv rothe Färbung erhalten. Die markhaltigen Nervenfasern erscheinen demnach im Querschnitt als rothe Kreisfiguren, welche im Innern den ungefärbten (oder schwachgefärbten) Axencylinder bergen (Fig. 43 B); die in ihrem Längsverlaufe getroffenen aber werden dadurch, selbst bei äusserster Feinheit der Markscheide, auf das Deutlichste wahrnehmbar.

Die *Ganglienzellen* gehören höchst wahrscheinlich ausnahmslos der vielstrahligen Form an (vergl. Seite 99). Sie sind von sehr verschiedener Grösse und theils vereinzelt, theils zu Gruppen geordnet, in der grauen Substanz eingestreut. Im Vorderhorn, welches die grössten Zellen enthält, finden sie sich am zahlreichsten vor, im Hinterhorn sind sie sehr viel kleiner und spärlicher, fortsatzarm und immer vereinzelt. Eine besondere Zellenanhäufung — unter dem Namen der *Clarke'schen Säulen* bekannt — ist auf das Brustmark und obere Lendenmark beschränkt, am schönsten in der Strecke zwischen den Wurzeln des neunten Brustnerven und des dritten Lendennerven entwickelt. Auch sie besteht aus Zellen grösserer Art und findet sich im vordersten Theile des Hinterhornes, nahe der hinteren Commissur.

Die Ganglienzellen der Vorderhörner gehören durchwegs jenen grossen, vielstrahligen Formen zu, an welchen man deutlich einen Axencylinderfortsatz und mehrere Protoplasmafortsätze unterscheiden kann. Von den Fortsätzen der ersteren Art ist es sicher gestellt, dass sie in markhaltige Nervenfasern übergehen. (Ueber das weitere Verhalten siehe unten.)

Die Stützsubstanz des Rückenmarkes kann nicht als eine einheitliche Gewebsform aufgefasst werden. Zunächst ist ein gröberes *bindegewebiges Septensystem* hervorzuheben, welches in unmittelbarem Zusammenhange mit der Pia mater steht und von ihr den Ausgangspunkt nimmt. Aus der inneren Schichte der Pia mater, welche aus feinen, vorwiegend circulär geordneten Bindegewebsbündeln und spärlichen elastischen Fasern besteht und der Oberfläche des Rückenmarkes innig anhaftet, ziehen in Begleitung der Blutgefässe stärkere Abzweigungen in das Innere des Organes hinein. Dieselben bilden, indem sie sich mehrfach verzweigen, gröbere und feinere Dissepimente, durch welche an dem Querschnitt die Fasern der weissen Stränge in Gruppen abgetheilt erscheinen. Zu den gröberen gehören die oben erwähnten Septa in den Hintersträngen. In die graue Substanz hinein lassen sich diese Bindegewebszüge nicht weiter verfolgen.

Von dem Septensystem wohl zu unterscheiden ist jener Theil des Stützgerüstes, welcher zwischen den einzelnen nervösen Elementartheilen gelagert ist. Er muss seiner Herkunft nach aus Zellen epithelialer Natur (den Zellen des embryonalen, aus dem Ektoderm stammenden Medullarrohres) abgeleitet und daher den epithelialen Formationen zugerechnet werden. In Folge der ausserordentlichen Schwierigkeiten, welchen die genauere Analyse dieser Substanz begegnet, hat dieselbe seitens der Autoren eine sehr verschiedenartige Beurtheilung erfahren. Ohne auf die schwebenden Controversen einzugehen, schliesse ich mich im Wesentlichen der Auffassung *Schwalbe's* an.

Nach diesem Autor erscheint die epitheliale Stützsubstanz in zwei wohl charakterisirten Formen. Die erste ist der sog. *Nervenkitt*, die *Neuroglia**). Sie besteht aus dünnen Schichten einer weichen, homogenen Substanz, welche nach Art der Kittsubstanz der Epithelien zwischen den Nervenfasern und Ganglienzellen eingelagert ist. Sie besitzt die Eigenschaft, nach dem Tode und in Folge der Einwirkung von Härtungsmitteln in zarten, netzförmigen Figuren zu gerinnen und tritt daher bei der mikroskopischen Untersuchung in Gestalt von feinen, die Nervenfasern umspinnenden Netzen (*Glianetze*) auf. In dieser Substanz finden sich bald reichlich, bald spärlich platte, an den Rändern aufgefaserte oder gezackte, mit flachelliptischen oder rundlichen Kernen versehene Zellen (*Gliazellen*, *Deiters'sche Zellen*) eingelagert, welche häufig zu Reihen entlang den Nervenfasern geordnet sind. Während nun die Glianetze als veränderte Erscheinungsformen einer epithelialen Kittsubstanz aufzufassen sind, wären die Gliazellen nach *Schwalbe's* Annahme als dieser ursprünglich fremde, aus eingewanderten

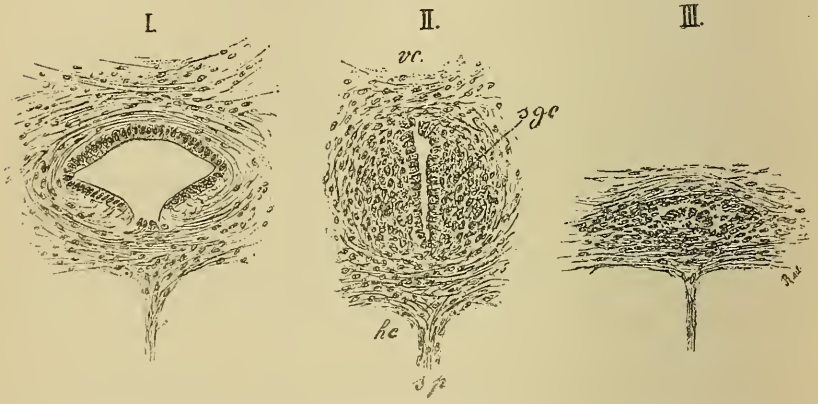
---

*) Von τὸ νεῦρον der Nerve und ἡ γλία, Gluten, Leim.

Zellen hervorgegangene Gebilde zu betrachten, welche etwa den *Langerhans'schen* Zellen der geschichteten Epithelien an die Seite zu setzen wären.

Eine zweite Form der epithelialen Stützsubstanz ist die sog. *granulirte Substanz* oder *Horn-Spongiosa* (*Schwalbe*). Sie findet sich in zusammenhängenden Massen in der Substantia gelatinosa und an der äusseren Oberfläche des Gehirns und Rückenmarkes und besteht aus einem feinen, engmaschigen Netzgerüst, dessen Bälkchen nach den Untersuchungen von *Kühne* und *Ewald* sich als Hornsubstanz erwiesen haben. Es ist mit *Schwalbe* anzunehmen, dass sie sich durch Verschmelzung verhornender Bildungszellen des Centralnervensystems entwickelt

Fig. 45.



I. Querschnitt durch den *Centralkanal* aus dem oberen Lendenmark eines $1^1/_2$jährigen Kindes.
II. Querschnitt durch den *Centralkanal* aus dem mittleren Lendenmark eines erwachsenen Mannes. sp. Septum posterius. sgc. Substantia gelatinosa centralis. vc. Vordere graue Commissur. hc Hintere graue Commissur.
III. Querschnitt durch den *obliterirten Centralkanal* aus dem Halsmark einer erwachsenen Frau.

habe, als deren Reste die mitunter in ihr erscheinenden kern- und zellenartigen Gebilde angesehen werden können. — Diesen beiden Formen der Stützsubstanz würden sich endlich die cylindrischen Epithelialzellen des Centralkanales anschliessen, als die direkten Abkömmlinge der ektodermalen Zellen des ursprünglichen Medullarrohres.

Als ein ausschliesslich aus Stützsubstanz bestehender, der nervösen Elemente anscheinend völlig entbehrender Bestandtheil des Rückenmarkes ist die nächste Umgebung des Centralkanales zu bezeichnen. Der letztere selbst ist mit cylindrischen Zellen ausgekleidet, welche an jugendlichen Individuen sicher Flimmerhaare tragen. Bei älteren Personen findet man keine Cilien mehr, die Zellen selbst in mannigfacher Weise verändert, mitunter das ganze Lumen des Kanales völlig mit zelligen Elementen vollgestopft (Fig. 45, III). Das periphere Ende der Cylinderzellen ist spitz ausgezogen und lässt sich bis in die umliegende Substanz hinein verfolgen. Diese zeigt ganz das Aussehen der oben beschriebenen granulirten Stütz-

substanz und besitzt eingestreute, flache Zellen, denen man in neuerer Zeit ganz allgemein den Charakter von Bindesubstanzzellen (Gliazellen) zuschreibt. Die ganze Formation führt, wie schon erwähnt, den Namen *Substantia gelatinosa centralis*. Bei niederen Thieren (Proteus anguineus) sieht man Fortsätze der Cylinderzellen sich Nervenfaserbündeln der vorderen Commissur und den hinteren Wurzeln zugesellen (*Klaussner*).

Die nebenstehenden Figuren (Fig. 45 I. II. III.) zeigen die Unterschiede der Gestalt und sonstigen Beschaffenheit des Centralkanales beim Kinde und beim Erwachsenen. Nicht selten ist die Verschliessung des Centralkanales durch die wuchernden Gliazellen (Ependymzellen) eine bloss partielle und dann geschieht es, dass er auf dem Querschnitte ein mehrfaches (— 5faches) Lumen darbietet.

Schliesslich wäre noch das eigenthümliche Verhalten der *Substantia gelatinosa Rolandi* zu erwähnen. Sie enthält an nervösen Elementen fast nur durchtretende Fasern der hinteren Nervenwurzeln. Vorwiegend ist in ihr die granulirte Stützsubstanz, welcher auch die meisten der ziemlich reichlich eingestreuten, vielgestaltigen Zellen zugezählt werden (Reste der ursprünglichen Bildungszellen). Eine Anzahl dieser Zellen aber kann mit Sicherheit als den multipolaren Ganglienzellen zugehörig erkannt werden.

Der Faserverlauf im Rückenmark. Untersuchungsmethoden.

Wenn oben die nervösen Elemente im Rückenmark bloss einzeln und ohne des Zusammenhanges der verschiedenen Theile zu gedenken beschrieben wurden, so geschah dies deshalb, weil die einfachen, histologischen Methoden eben nur zu einer Auflösung der Rückenmarkssubstanz in ihre einzelnen Elemente genügen. Einblick in den zusammengesetzten Aufbau des Rückenmarkes aus Nervenfasern und Nervenzellen gewähren uns erst complicirtere Methoden der Untersuchung.

Die Bedeutung der in neuerer Zeit auf solchem Wege geförderten Thatsachen rechtfertigt wohl eine kurze Darstellung der *neurologischen Untersuchungsmethoden* an dieser Stelle, um so mehr, als sie uns nicht allein über das Rückenmark, sondern ebenso auch über den Faserverlauf in den höher gelegenen Theilen des Centralorganes vielfach die wichtigsten Aufschlüsse gebracht haben.

Die *Methoden*, deren man sich bisher mit Erfolg bedient hat, um den Zusammenhang der nervösen Elemente im Centralorgan zu erforschen, sind folgende:

1. Die *Untersuchung lückenloser Schnittserien*, welche in bestimmten Ebenen durch gut erhärtete Theile des Centralorganes gelegt werden.

Zur Erhärtung dient für das Rückenmark und verlängerte Mark am besten eine 2proz. Lösung von Kali bichromicum oder Ammonium bichromicum, dann die *Müller'sche* Lösung (Kal. bichrom. 2. Natr. sulf. 1, Aqu. dest. 100), die Lösung von *Erlicki* (Kal. bichrom. 2·5, Cuprum sulf. 0·5, Aqu. dest. 100). Handelt es sich um Erhärtung voluminöserer Theile (Grosshirnhemisphären) dann ist es gut, nach und nach immer höhere Concentrationsgrade der Härtungsflüssigkeit (bis 5proz. Kal. bichrom.) zu benützen. Anfangs muss die Härtungsflüssigkeit täglich, später seltener gewechselt werden. Bei seltenem Wechseln erscheint es geboten, durch Hinzusetzen von Campher oder Thymol die drohende Verschimmelung des Präparates zu verhüten.

Rückenmark und verlängertes Mark erlangen so nach 8—16 Wochen eine genügende Consistenz, um mit dem Mikrotom in feine Schnitte zerlegt werden zu können; zur ausreichenden Erhärtung grösserer Gehirntheile aber bedarf es bedeutend längerer Zeit (½—1 Jahr). Unerlässliche Bedingung für eine rasche und allen Ansprüchen genügende Erhärtung ist die möglichst frühe Herausnahme des Centralorganes aus der Leiche (2—3 Stunden nach dem Tode) und das sofortige Einbringen desselben in die Härtungsflüssigkeit. Am Rückenmark muss die Dura entfernt, am Gehirn die Pia abgezogen werden.

Nimmt man die Procedur im Wärmekasten bei einer constanten Temperatur von 50° R. vor, so ist die Erhärtung des Rückenmarkes in 8 Tagen vollendet (*Weigert*).

Die mit dem Mikrotom hergestellten, möglichst feinen Schnitte werden geordnet und der Reihe nach mikroskopisch untersucht, wobei es von Vortheil erscheint, mit Hülfe der *electiven Färbemethode* die einzelnen Bestandtheile schärfer unterscheidbar zu machen. Zu diesem Zwecke werden die Schnitte mit *Carmin-Ammoniak* gefärbt, wobei die Markscheiden ihre gelbe Chromfärbung beibehalten, die Ganglienzellen, Axencylinder und die Stützsubstanz roth gefärbt erscheinen. Eine ähnlich scharfe Trennung lässt sich durch *Pikrocarmin* und durch Behandlung der Schnitte mit Anilinschwarz (Nigrosin) oder anderen *Anilinfarben* (1proz. wässerige Lösung, nachträgliches Auswaschen in Alkohol) erzielen. Sämmtliche bisher genannten Färbungsmethoden erleichtern die Untersuchung compakter weisser Massen und Nervenfaserzüge; für die Auflösung des Fasergewirres in der grauen Substanz und für die Verfolgung einzelner Nervenfasern jedoch eignet sich vor Allem die oben beschriebene (S. 172) *Säurefuchsin*-Behandlung der Schnitte.

In welcher Weise nun die Untersuchung einer fortlaufenden, lückenlosen Schnittreihe über den Verlauf von Fasern und den Zusammenhang der nervösen Elementartheile Aufschluss geben kann, ist ohne Weiteres klar und es wurden in der That auch mit Hülfe dieser Methode (zuerst von *Stilling*) ganz vorzügliche Resultate erzielt. Doch stellte es sich nach und nach heraus, dass sie allein nicht genüge, um grössere auf dem Querschnitt getroffene Fasermassen nach ihrer Verlaufsrichtung zu bestimmen und noch weniger, um über den Zusammenhang der Theile in der auf die Schnittebene senkrechten Richtung sicheren Aufschluss zu erlangen.

Das successive Ablenken einzelner Faserzüge in andere Ebenen, die Vermischung ungleichwerthiger Fasern bereitet grosse Schwierigkeiten und wenn auch hie und da das Fasercaliber eine Trennung gewisser Nervenfaserzüge von anderen ermöglicht, so bleibt man darüber doch noch immer im Unklaren, ob die auf einem Schnitte als compacte Masse getroffenen Nervenfasern sämmtlich zwischen gleichwerthige Endapparate (oder vorläufige Endpunkte) eingeschaltet sind (s. oben S. 168), also einem und demselben Leitungssystem angehören. Die sichere Verfolgung einzelner Nervenfasern auf lange Strecken ihres Verlaufes ist hier eben unthunlich.

2. Die *entwicklungsgeschichtliche Methode.* Sie beruht auf der Verwerthung einer Eigenthümlichkeit in dem fötalen Entwicklungsgang des Centralorganes, welche darin besteht: 1. dass die *einem Leitungssysteme* (oder dem Gliede eines solchen) *zugehörenden nervösen Elemente* (*Nervenfasern*) *gleichzeitig* angelegt werden, und 2. dass diese *Anlage nach Fasersystemen* für die verschiedenen Leitungssysteme eine *ungleichzeitige* ist.

So findet man in einer bestimmten Periode des frühen Embryonallebens im Rückenmark sowohl als im Gehirn nur die Anlage einzelner Theile der *weissen Substanz*, andere Theile fehlen noch vollständig oder sind kaum angedeutet, und man kann diese Befunde dazu benützen, Fasermassen, die am ausgebildeten Organ wegen

ihres gleichförmigen Aussehens nicht mehr zu differenziren sind (weisse Substanz des Rückenmarkes), in mehrere Bestandtheile zu zerlegen.

Die auf diesem Wege der Erkenntniss zugänglichen Thatsachen (*Kölliker, Pierret*) sind jedoch relativ grob und unvollständig. Erst die Verwerthung einer weiteren Eigenthümlichkeit in der Entwicklung des Centralnervensystems gibt unvergleichlich feinere und vollständigere Resultate. Wie *Remak* und *Meynert* bereits erkannt hatten, *Flechsig* später methodisch erforscht hat, spiegelt sich der Vorgang der successiv erfolgenden Anlage von Fasersystemen in einem zweiten Vorgange gleichsam ab, dessen Beginn in die zweite Hälfte des Fötallebens fällt. Die ursprünglich marklosen Fasern erhalten nemlich erst nach und nach ihre Markscheiden und diese vorschreitende Markumhüllung, welche im fünften Monate des extrauterinen Lebens vollendet ist, hält dieselbe Reihenfolge ein, wie die erste Anlage. So erreichen die einzelnen Fasersysteme zu verschiedenen Zeiten ihre volle Entwicklung und werden desshalb in einer bestimmten Zeit des Fötallebens an dem ihnen eigenthümlichen Entwicklungsgrade der Markscheidenbildung kenntlich sein.

Die verschiedenen Entwicklungsstadien der Fasermassen im centralen Marke lassen sich bereits makroskopisch erkennen, denn bei fehlender Markscheidenbildung ist die Farbe der betreffenden Theile hellgrau, bei verschiedenen Entwicklungsgraden der Markscheiden zeigen sie verschiedene Intensitätsgrade des Weiss. Zur mikroskopischen Untersuchung eignen sich ganz vorzüglich ungefärbte feine Schnitte, oder Schnitte, die mit Goldchloridkalium oder mit Ueberosmiumsäure behandelt wurden. Durch die genannten Reagentien werden die Markscheiden dunkel gefärbt und so selbst bei grösserer Feinheit gut nachweisbar.

Flechsig's ausgedehnte Untersuchungen haben ergeben, dass die Markscheidenbildung im Centralorgan im Allgemeinen vom Rückenmark gegen das Gehirn zu vorschreitet; im Rückenmark und in der unteren Hälfte des verlängerten Markes beginnt die Markumhüllung der Nervenfasern bei Embryonen von 25 Cm. Körperlänge und zwar in jenen Theilen des Markmantels, zu deren Constitution vor Allem periphere Nerven (Nervenwurzeln) beitragen; dann im ganzen verlängerten Mark, im Kleinhirn und in der Haube bei 44 Cm. langen Embryonen, im Hirnschenkel und in den Grosshirnhemisphären bei 45 Cm. langen Embryonen. Einzelne Theile der Grosshirnhemisphären und des Hirnschenkels erlangen die volle Entwicklung ihrer Markscheiden erst im extrauterinen Leben.

In den einzelnen Fasersystemen beginnt die Markumhüllung an einem Endpunkt (Zellenstation) und schreitet rasch und continuirlich vor, so dass in der Längsrichtung nahe an einander schliessende Theile eines Fasersystemes ihre Markscheiden anscheinend gleichzeitig erhalten, weit ab von einander liegende Theile eines langen Fasersystemes aber um Wochen in dem Zeitpunkt ihrer Markumhüllung differiren können. (Siehe unten das Fasersystem der Pyramiden, welches zu einer bestimmten Zeit im Gehirn mit völlig entwickelten Markscheiden ausgestattet, im Rückenmark völlig marklos ist.) Die Markumhüllung erfolgt in der Leitungsrichtung der betreffenden Fasersysteme; motorische erhalten ihr Mark vom Gehirn gegen das Rückenmark vorschreitend, sensible in umgekehrter Richtung.

Von diesen allgemeinen Gesichtspunkten ausgehend, kann man bei Untersuchung verschiedenaltriger Embryonen und neugeborener Individuen einen tiefen Einblick in den innern Aufbau des Centralorganes gewinnen. Namentlich die am völlig ausgebildeten Organe ganz gleichförmig aussehenden Markmassen der weissen Substanz des Rückenmarkes, des Grosshirnschenkels, der inneren Kapsel, endlich des Hemisphärenmarkes lassen sich so, wie in der Folge gezeigt werden wird, in eine Reihe von Fasersystemen auflösen.

Von nahezu demselben Werthe, wie die eben dargestellte Untersuchungsmethode, ist in Rücksicht auf die einzelnen zu erzielenden Ergebnisse:

3. die *Untersuchung der secundären Degeneration.* Sie steht hinter der als zweite genannten Methode nur zurück, weil sie nicht für sämmtliche Theile des Centralorganes anwendbar ist.

Ihre Grundlage bildet die von dem englischen Physiologen *Waller* nachgewiesene Thatsache, dass die Nervenfasern eines durchschnittenen Nervenstammes in dem, peripher von der Durchschneidungsstelle gelegenen Abschnitt zu Grunde gehen — *degeneriren* —, in dem central von dieser gelegenen aber unverändert bleiben.

Trifft die Durchschneidung einen peripheren Nerven (nach seinem Austritt aus dem Wirbelkanal), dann verfallen motorische und sensible Nervenfasern gleichmässig der Degeneration; trifft die Durchschneidung aber die Nervenwurzeln im Wirbelkanal, noch bevor sie sich am Ganglion spinale vereinigt haben, dann ist das Verhalten der Degeneration an den motorischen und sensiblen Nervenfasern ein verschiedenes. Die ausschliesslich in den vorderen Wurzeln verlaufenden motorischen Fasern degeneriren peripherwärts bis zu den peripheren Nervenendigungen, ihr centraler Abschnitt bleibt unversehrt; die ausschliesslich in den hinteren Wurzeln verlaufenden und zu dem Spinalganglion in Beziehung tretenden sensiblen Nervenfasern degeneriren centralwärts von der Durchschneidungsstelle. Zugleich degeneriren auch ihre Fortsetzungen in der Rückenmarkssubstanz; der periphere (zwischen dem Schnitte und dem Spinalganglion und im peripheren Nervenstamme verlaufende) Abschnitt hingegen bleibt völlig unversehrt. Wird aber das Ganglion spinale exstirpirt, dann degenerirt der sensible Nerv sowohl central- als peripherwärts.

Aus dem Zusammenhalten dieser Thatsachen ergibt sich die Ursache des Eintretens der secundären Degeneration. Sie liegt in der Trennung der Nervenfaser von einem ihrer vorläufigen Endpunkte, der für sie die Bedeutung eines *trophischen Centrums* besitzt, d. h. der ungestörte Zusammenhang der Nervenfaser mit diesem Centrum ist unerlässliche Bedingung für die normale Ernährung derselben. Nach den oben aufgeführten Thatsachen ist in diesem Sinne das trophische Centrum der motorischen Nervenfasern im Rückenmark, das der sensiblen Nervenfasern in dem Spinalganglion gelegen.

Die Degenerationsrichtung stimmt mit der Leitungsrichtung nicht immer überein, wie das Verhalten der peripherwärts vom Spinalganglion gelegenen Strecke des sensiblen Nerven nach der Nervendurchschneidung lehrt.

Wie in den Nerven und Nervenwurzeln, so degeneriren auch, und zwar nach demselben Gesetze, die in ihrer Continuität unterbrochenen Nervenfaserzüge im Centralorgan. Auch hier verfällt der Degeneration immer nur der ausser Zusammenhang mit dem trophischen Centrum gerathene Abschnitt des Fasersystemes und diese Degeneration erstreckt sich bei *ausgewachsenen Individuen* in der Regel nur bis zur nächsten Zellenstation; dort macht sie Halt. Anders bei *jungen Individuen* (Neugebornen). Da betrifft die Degeneration auch die weiteren Glieder des an einer Stelle unterbrochenen Leitungssystemes, indem sämmtliche durch die Verletzung ausser Funktion gesetzten Theile in der Entwicklung zurückbleiben müssen.

Als Objekt für die Untersuchung der secundären Degeneration kann einerseits das erkrankte menschliche Centralorgan dienen, andererseits das Centralorgan von Versuchsthieren, welchen planmässig Verletzungen des Gehirnes und Rückenmarkes beigebracht wurden. Darnach unterscheidet man a) die *pathologisch-anatomische Methode.* Sie ist zuerst von *Türck* zu diesem Zwecke verwerthet worden; b) die *experimentell-anatomische Methode*, welche ein doppeltes Ziel verfolgen kann, je nachdem die experimentellen Eingriffe an *ausgewachsenen* oder an *neugeborenen*

Thieren vorgenommen werden. Bei den Operationen an neugeborenen Thieren, welche von *Gudden* als wissenschaftliche Methode zur Erforschung des Faserverlaufes im Centralorgan eingeführt wurden, handelt es sich zumeist nicht um einfache Verletzungen, sondern meist um Exstirpationen ganzer Gehirntheile oder um Entfernung peripherer nervöser Endapparate (des Auges z. B.) und um die Untersuchung der Rückwirkung solcher Eingriffe auf die Entwicklung der übrigen Theile des Nervenapparates.

Zuletzt, weil hier vorläufig noch von geringerer Bedeutung, wäre

4. die *vergleichend anatomische Methode* zu erwähnen. Mit Hülfe dieser Methode, welche sich die vergleichende Untersuchung des Centralorganes der ganzen Thierreihe als Ziel setzt, erhält man Aufklärungen über die Bedeutung einzelner im menschlichen Gehirn nur rudimentär vorhandener Theile und kann Aufschluss erlangen über die Beziehungen gewisser peripherer nervöser Apparate zu bestimmten Abschnitten des Centralorganes, wenn man Thiere, bei denen sich die ersteren verkümmert vorfinden, zur Untersuchung heranzieht (z. B. Maulwurf mit dem verkümmerten Sehorgan).

Durch die Zusammenstellung der mit Hülfe aller hier genannten Methoden erzielten Ergebnisse ist es gelungen, das Dunkel, in welches noch vor kurzer Zeit der innere Aufbau — die *Architectur des Centralorganes* — gehüllt war, wenigstens stellenweise zu lichten. Nur das bisher Feststehende soll in den Rahmen der folgenden Darstellung aufgenommen werden.

Das Rückenmarkssegment. Das Rückenmark entsteht durch das Zusammenfliessen sämmtlicher vorderen und hinteren Nervenwurzeln zu einem compacten, von unten nach oben langsam an Dicke wachsenden Nervenstrang. In ihm erfahren die eingetretenen Nervenfasern, nahezu sämmtlich, eine Unterbrechung durch eingeschaltete Zellenstationen, aus denen sich dann weitere Glieder der betreffenden Leitungssysteme entwickeln, welche zum Gehirn aufsteigen. Der Ort, wo diese Umschaltung stattfindet, ist die centrale graue Substanz.

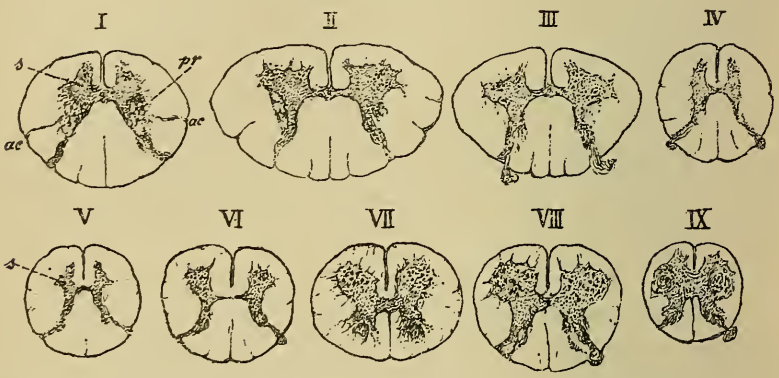
In klarer Weise prägt sich die Bedeutung, welche die einmündenden Wurzelpaare für den Aufbau des Rückenmarkes haben, dadurch aus, dass der Rückenmarksstrang an den Stellen, wo die Masse der eintretenden Wurzeln zunimmt, deutliche Anschwellungen besitzt (*Hals- und Lendenanschwellung*). Die allmälige Massenzunahme des Rückenmarkes von unten nach oben ist nämlich keine gleichmässige, weder in Rücksicht auf das Volumen des ganzen Organes, noch in Rücksicht auf dessen einzelne Stränge und die Masse seiner grauen Substanz.

Die *Seitenstränge* nehmen von unten nach oben nahezu continuirlich an Umfang zu, die Masse der *Vorder- und Hinterstränge* hingegen wächst von der Eintrittstelle des fünften Sacralnervenpaares bis zu jener des vierten Lendennervenpaares und bleibt dann bis zur Höhe des ersten Lendennerven ziemlich unverändert. Dem Eintritt der untersten Brustnervenpaare entsprechend nimmt sie dann wieder etwas ab, um

von da bis zur Höhe des zweiten Brustnerven unverändert zu bleiben; dann beginnt wieder eine rasche Massenzunahme der beiden Stränge, welche in der Höhe des siebenten bis fünften Halsnerven ihren grössten Umfang erreichen. Gegen das obere Ende des Rückenmarkes nimmt dieser wieder etwas ab.

An gleicher Stelle, wie die Vorder- und Hinterstränge, zeigt auch die *graue Substanz* des Rückenmarkes eine auffallende Massenzunahme und zwar, wie *Stilling* nachgewiesen hat, proportional dem wachsenden Querschnitt, der an diesen Stellen eintretenden Nervenwurzeln (Fig. 46).

Fig. 46.



Querschnitte durch das Rückenmark von sechs verschiedenen Individuen (2mal vergrössert).
I. In der Höhe des 2. Halsnerven. s. Seitenhorn. pr. Processus reticularis. ac. Accessoriuswurzel II. In der Höhe des 6. Halsnerven. III. In der Höhe des 7.—8. Halsnerven. IV. Im mittleren Brustmark. V. Im oberen Brustmark. s. Seitenhorn. VI. Im Uebergangstheil vom Brust- zum Lendenmark. VII. Im oberen Lendenmark. VIII. Im mittleren Lendenmark. IX. Im untersten Lendenmark.

Aus dem beschriebenen Verhalten ergibt sich naturgemäss die Folgerung, dass Vorder- und Hinterstränge des Rückenmarkes die eintretenden Nervenfasern aufnehmen und direkt der grauen Substanz zuführen, wo in nahezu gleicher Höhe mit dem erfolgten Eintritte die oben genannte Umschaltung stattfindet. Von diesem Standpunkte aus stellt das Rückenmark eine *Kette von an einander gereihten Segmenten* dar, von denen jedes ein Paar vorderer und hinterer Wurzeln besitzt.

Am Rückenmark von Wirbelthieren mit langgestrecktem Körperbau ist der segmentale Bau auch äusserlich völlig ausgesprochen, an der äusseren Gestalt des menschlichen Rückenmarkes jedoch fehlt jede Andeutung von Segmentirung. Die einzelnen Rückenmarkssegmente sind hier völlig zusammengeflossen, so zwar, dass sich auch bei Untersuchung der inneren Struktur des Rückenmarkes weder an dem Verhalten der eingetretenen Wurzelfasern, noch an der Anordnung der grauen Substanz irgend ein Anhaltspunkt zur Abgrenzung der einzelnen Segmente gewinnen lässt. Nur die äusserlich sichtbaren Eintrittsstellen der Wurzelpaare lassen sich zu einer derartigen Zerlegung des Rückenmarkes in eine Reihe von Segmenten

benützen (*Schwalbe, Lüderitz*). Die Länge der so künstlich hergestellten Segmente nimmt vom unteren Ende des Rückenmarkes im Bereiche des Lendentheiles langsam zu, wächst dann im unteren Brustmark rasch und erreicht in der Höhe des 7. bis 5. Brustnerven ihr Maximum. Von da, im Bereiche des obersten Brust- und unteren Halsmarkes, sinkt die Segmentlänge wiederum rasch, um oberhalb des 5. Halsnerven abermals etwas zu wachsen.

Es stellt sich somit für die Länge der Segmente gerade das umgekehrte Verhältniss zu dem Querschnitt derselben heraus. Im Bereiche der Anschwellungen finden sich die kürzesten Segmente.

Vergleicht man bei mikroskopischer Untersuchung die den einzelnen Segmenten angehörenden nervösen Elemente unter einander, so ergibt sich die wichtige Thatsache, dass die Gestalt der in den Vordersäulen lagernden grossen, multipolaren Ganglienzellen in Abhängigkeit steht von der Länge des betreffenden Segmentes. Es erscheinen diese Ganglienzellen im Allgemeinen um so stärker in der Längsrichtung des Organes und um so schwächer in der Querrichtung desselben entwickelt, je länger das Segment ist, dem sie angehören.

(Vergl. an Fig. 47 die Dimensionen der Ganglienzellen aus dem Brustmark mit langen Segmenten und aus dem Hals- und Lendenmark mit kurzen Segmenten.)

Ausserdem aber zeigen die grossen Ganglienzellen der Vordersäulen auch noch, was ihre Zahl, Lagerung und endlich ihre Grösse betrifft, auffallende segmentale Unterschiede. Ihre Zahl und die Dichte ihrer Lagerung wächst mit der Abnahme der Segmentlänge, ihre Grösse zeigt das gleiche Verhalten; ausserdem aber steht die letztere nach einem von *Pierret* aufgefundenen Gesetze in geradem Verhältnisse zu der Länge der in dem betreffenden Rückenmarkssegmente auf dem Wege der vorderen Wurzel einmündenden peripheren Nerven.

(Vergl. an Fig. 47 die grösseren Dimensionen der Ganglienzellen aus dem Lendenmark, wo die längeren Nerven der unteren Extremitäten einmünden, mit den kleineren Dimensionen der Ganglienzellen aus dem Halsmark, wo die einen kürzeren Verlauf habenden Nerven der oberen Extremitäten eintreten.)

Im *Lendenmarke* (Fig. 47, III.) finden sich die grössten Zellen. Sie sind rundlich gestaltet, an Längs- und Querschnitten gleichmässig multipolar aussehend, die Fortsätze derselben haben keine bestimmte Verlaufsrichtung. Sie lassen sich an Querschnitten leicht in drei Gruppen trennen, zwischen welche dicke Nervenfaserbündel aus den vorderen Wurzeln einstrahlen — eine vordere, eine mediale und eine laterale (hintere) Gruppe.

Im Uebergangstheile des Lendenmarkes in das Dorsalmark findet sich ferner constant eine kleinere Ganglienzellengruppe am inneren Rande des Vorderhornes.

Die Zahl der Zellen in einem dünnen Querschnitte beträgt 60—70 in einem Vorderhorn.

Im *Brustmarke* (Fig. 47, I.) sind die Zellen bedeutend kleiner,

erscheinen am Längsschnitt in der Richtung der Längsaxe des Rückenmarkes gestreckt und besitzen weniger zahlreiche Fortsätze, von denen jedoch zwei, einer der direkt nach oben und einer der direkt nach unten abgeht, besonders auffallen.

Diese Ganglienzellen sind in einzelnen Exemplaren durch das ganze Vorderhorn zerstreut, ihre Zahl (in dünnen Querschnitten) übersteigt selten zehn, beträgt meist fünf bis sieben, doch auch darunter, ja in manchen Querschnitten können deutlich unterscheidbare grosse Vorderhornzellen völlig fehlen.

Fig. 47.

Verticalschnitte durch die grauen Vordersäulen. (Hartnack, Obj. IV, Ocul. 3, Details mit Hartn. VII eingezeichnet.)

I. In schräger Richtung, von links vorne nach rechts hinten, durch die graue Vordersäule im mittleren Brustmark. (Carminpräparat.) v. In aufsteigender Richtung eintretende vordere Wurzelfasern. vs. Vorderstrang.

II. In sagittaler Richtung durch die graue Vordersäule in der Halsanschwellung. (Nigrosinpräparat.) v. Vordere Wurzelfasern. vs. Vorderstrang.

III. In frontaler Richtung durch die graue Vordersäule im Lendenmark. (Säurefuchsinpräparat.) m. Fasern, die aus der Vordersäule in den Seitenstrang treten. ss. Seitenstrang.

Im Seitenhorn (am deutlichsten im oberen Brustmark) findet sich eine eigene, wohl charakterisirte Gruppe von kleinen, spindelförmigen Ganglienzellen.

Im *Halsmarke* weist das Vorderhorn Zellen auf, welche grösser sind als im Brustmark, kleiner jedoch als im Lendenmark und dabei eine Andeutung von Streckung des Zellkörpers in der Längsdimension des Organes besitzen. Die zahlreichen Fortsätze derselben verlaufen in keiner bestimmten Richtung. Diese Ganglienzellen, welche sich deutlich zu einer vorderen und hinteren Gruppe sammeln, stehen an Quer- und Längsschnitten etwas weniger dicht als im Lendenmark.

In dünnen Querschnitten finden sich ihrer fünfzig bis sechszig in einem Vorderhorn.

Diese Angaben gelten nur für die Halsanschwellung (fünfter bis achter Halsnerv); im oberen Halstheile nimmt die Grösse und noch mehr die Zahl der Ganglienzellen in den Vordersäulen rasch ab. Dagegen treten hier in den gegen das obere Ende des Rückenmarkes immer schöner zur Entwicklung gelangenden und mit den Seitenhörnern verschmelzenden *Processus reticulares* neue Ganglienzellengruppen auf, welche wahrscheinlich zu den in die graue Substanz dieser Proc. reticulares eintretenden Accessoriuswurzelfasern Beziehungen haben (Fig. 46, I.).

An den in den Hintersäulen lagernden kleinen Ganglienzellen lassen sich ausser einer Zunahme ihrer Zahl in den Anschwellungen keine segmentalen Unterschiede nachweisen. Die dem Brustmarke angehörenden Segmente sind ausserdem durch die oben bereits erwähnten besonderen Ganglienzellen der *Clarke'schen* Säulen ausgezeichnet. Diese bilden namentlich im untersten Brust- und oberen Lendenmark eine sehr scharf abgegrenzte Gruppe, die einzelnen Zellen sind kleiner als jene der Vordersäulen, zugleich fortsatzarm und mehr kugelig gestaltet.

Das Verhalten der eintretenden Nervenwurzeln. Die *vorderen Wurzeln* treten aufgefasert als mehrreihige Bündel von Nervenfasern in die weisse Substanz der Vorderstränge (Fig. 48, v.) und aus diesen, ohne Beziehungen zur weissen Substanz einzugehen, in die grauen Vordersäulen ein. Innerhalb der Vorderstränge verfolgen sie eine aufsteigende Richtung (in Fig. 47 zeigen die Verticalschnitte I. und II. diesen Verlauf) und werden demnach an Querschnitten immer nur in kurzen Abschnitten ihres Verlaufes getroffen (Schrägschnitte in Fig. 48 bei v.).

In der ganzen Ausdehnung der vorderen Peripherie des Vorderhornes erfolgt der Eintritt dieser Wurzelfasern, welche dann in gröbere Faserzüge getheilt aus einander treten und so zur Abgrenzung der Ganglienzellengruppen beitragen. Im Lendenmark sieht man sie namentlich deutlich nach drei Richtungen aus einander fahren, in *lateraler* Richtung, wo sie in die laterale Zellengruppe eintreten, in der Richtung *direkt nach hinten*, wo sie in die mediale Zellengruppe gelangen und sich bis in den basalen Theil der Hinterhörner verfolgen lassen; endlich in *medialer* Richtung, wo sie zu der vorderen Zellengruppe in Beziehung treten. Ob einzelne dieser letzteren Fasern von da in die vordere Kreuzungscommissur und in das Vorderhorn der anderen Seite gelangen, dort endlich Beziehungen zu der oben erwähnten

inneren Gruppe von Ganglienzellen eingehen, ist unbewiesen, wird jedoch von manchen Autoren für wahrscheinlich erachtet.

In und um die Zellengruppen bilden die Wurzelfasern dann ein complicirtes Geflecht (Fig. 48), welches sich bis an die Basis der Hinterhörner erstreckt, und gehen dann *jede für sich in den Axencylinderfortsatz* einer der grossen, multipolaren *Ganglienzellen* über.

Am Menschen- und Säugethierrückenmarke ist der Nachweis dafür allerdings nicht zu liefern, am Rückenmarke des Frosches ist er aber in neuester Zeit er-

Fig. 48.

Querschnitt durch das Rückenmark eines Hundes im mittleren Halstheil. (Säurefuchsinpräparat.)
c. Centralkanal. vs., ss., hs. Vorder-, Seiten- und Hinterstrang. vc. Vordere Commissur. hc. Hintere Commissur. v. Vordere Wurzeln. h. Hintere Wurzeln. m. Mediale Bündel derselben. l. Laterale Bündel derselben.

bracht worden. *Birge* hat sich der wahren Geduldprobe unterzogen, mit genauen Methoden (lückenlose Schnittserien) einerseits die Zahl der, sowohl in bestimmter Höhe, als auch in das ganze Rückenmark in der Bahn der vorderen Wurzeln eintretenden Nervenfasern zu bestimmen, andererseits die in den Vordersäulen lagernden grossen Ganglienzellen zu zählen. Dabei stellte sich eine so genaue Uebereinstimmung in der Gesammtzahl der Wurzelfasern und der Zellen, und eine ebenso genaue auch in Rücksicht der in einer Wurzel enthaltenen Fasern und der in dem zugehörigen Segmente gelegenen Zellen heraus, dass für den Frosch die Endigung einer jeden vorderen Wurzelfaser in einer grossen Ganglienzelle ihres Segmentes als bewiesen erachtet werden darf.

Die *hinteren Wurzeln* treten als compacte Bündel in den nach hinten gerichteten spitzen Ausläufer des Hinterhornes (Apex), dessen Grundlage eine mächtige Entwicklung der granulirten Stützsubstanz des Rückenmarkes darstellt. Dann trennen sie sich sofort in zwei Stränge, einen *lateralen* und einen *medialen*. Die Fasern des ersteren treten nahezu in derselben Ebene in die Substantia gelatinosa Rolandi, durchsetzen sie in bogenförmigem Verlaufe und gelangen zum Theil direkt in die Substantia spongiosa des Hinterhornes (Fig. 48, l.), zum Theil biegen sie erst an der Grenze zwischen gelatinöser Substanz und dem Kopf des Hinterhornes in die Längsrichtung um und verlaufen nach aufwärts, um erst später denselben Weg zu nehmen, wie die anderen. Diese Faserbündel sind am Querschnitt immer deutlich nachweisbar und führen den Namen *longitudinale Bündel der Hinterhörner* (*Kölliker*). Die Fasern des medialen Stranges treten direkt in den lateralen Antheil der Hinterstränge, steigen in diesem eine kurze Strecke auf- oder abwärts und gelangen dann bogenförmig, in lateraler Richtung umbiegend, zu ganz charakteristischen Bündeln gesammelt (Fig. 48, m.), von der medialen Seite aus in das Hinterhorn. Ein Theil der Fasern aber bleibt, wie später gezeigt werden soll, Bestandtheil der weissen Hinterstränge, ohne vorher graue Substanz passirt zu haben.

Die in das Hinterhorn eingetretenen Wurzelbündel ziehen zum Theil in dicken Strängen nach den *Clarke'schen* Säulen und dringen ausserdem zahlreich in das von den Vorderhörnern aus entwickelte Fasernetz ein.

Auch in den Hinterhörnern bilden sämmtliche eintretende Wurzelfasern ein complicirtes Netzwerk, das durch Fasern, welche die Medianlinie in der hinteren Commissur überschreiten, mit dem der anderen Seite zusammenhängt.

Im Menschen- und Säugethierrückenmark ist ein direkter Uebergang dieser Nervenfasern in Ganglienzellenfortsätze (der *Clarke'schen* Säulen oder der isolirten Zellen) bisher nicht beobachtet worden, die meisten Autoren (*Gerlach*, *Laura*) nehmen demnach nur einen Uebergang der Fasern in das Nervennetz und einen erst durch dieses vermittelten Zusammenhang mit Ganglienzellen an.

In neuerer Zeit ist jedoch am Rückenmarke niederer Thiere (Ammocoetes branchialis — Petromyzon — und Proteus anguineus) der Nachweis geliefert worden des direkten Ueberganges hinterer Wurzelfasern in, den isolirten Ganglienzellen des Hinterhornes analoge „Hinterzellen“ und in Gruppen von Körnern (kleine Ganglienzellen). Für das Rückenmark höherer Thiere muss die Frage noch als eine offene betrachtet werden.

Es finde hier nur ganz nebenbei die Bemerkung ihren Platz, dass die Verbindung der hinteren (sensiblen) Wurzelfasern mit dem Nervennetz der Hinterhörner, der Zusammenhang dieses Nervennetzes mit jenem der Vorderhörner, die Verbindung dieses Netzes mit den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen, und endlich die Entwicklung der vorderen (motorischen) Wurzelfasern aus den Axencylinderfortsätzen

derselben Ganglienzellen, das anatomische Substrat des physiologischen „Reflexbogens“ darstellen.

Die *Accessoriuswurzeln* treten bekanntlich in dem Raume zwischen Ligamentum denticulatum und der Eintrittslinie der hinteren Wurzeln und zwar von der Höhe des sechsten bis siebenten Halsnerven angefangen in die Substanz der Seitenstränge ein. Die Faserbündel derselben durchsetzen, oft in vereinzelte Fasern getrennt, den hinteren Abschnitt der Seitenstränge in querer Richtung und treten in die Processus reticulares und Seitenhörner ein, in deren Ganglienzellen sie endigen (Fig. 46, I., und Fig. 51, A.). In tieferen Ebenen des Halsmarkes stehen sie wohl auch zu eigentlichen Vorderhornzellen in Beziehung (*Roller*), ausserdem aber biegt hier ein grosser Theil dieser Fasern in die Längsrichtung um und verläuft nach abwärts, um erst im Bereiche des unteren Hals- und oberen Brustmarkes in die graue Substanz einzutreten (Seitenhörner nach *Krause*).

Diese längsverlaufenden Faserbündel sind an Querschnitten immer deutlich als zwischen dem Gebälke der Processus reticulares liegende Querschnittsfelder sehr breiter Fasern nachweisbar (Fig. 51, B.).

Verbindung der grauen Säulen des Rückenmarkssegmentes mit dem Markmantel. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass benachbarte Rückenmarkssegmente innig durch das Nervenfasernetz der grauen Substanz verbunden sind; ein grosser und wichtiger Theil aber der Verbindungsbahnen der einzelnen Segmente unter einander und ihrer Gesammtheit mit den höher gelegenen Abschnitten des Centralorganes verläuft auch durch die weisse Substanz — durch *den Markmantel des Rückenmarks*.

Diesem Verhalten entsprechend sieht man an der gesammten Peripherie der grauen Säulen quer- oder schrägverlaufende Fasern austreten, die sich den einzelnen Strängen des Markmantels zugesellen oder, besser gesagt, diese durch den stetig erfolgenden Anschluss neuer gleichwerthiger Elemente nach und nach constituiren.

In ihnen finden die Leitungssysteme, deren erste Glieder wir in den Spinalnervenwurzeln kennen gelernt haben, ihre Fortsetzung. Der grösste Theil dieser Fasern stammt aus dem Nervennetze der grauen Substanz und hängt so mittelbar mit den Ganglienzellen zusammen; ein kleinerer Theil geht aus den Axencylinderfortsätzen gewisser Ganglienzellen hervor.

Als besonders auffallende und nach ihrer Verlaufsrichtung bekannte, derartige Nervenfaserzüge wären hervorzuheben:

1. Fasern, welche aus der *Vordersäule* der einen Seite in die *weisse Commissur* treten, dort die Medianlinie kreuzen, und im *Vorderstrang* der entgegengesetzten Seite in die Längsrichtung umbiegend, aufwärts verlaufen. Für die Hauptmasse

dieser Fasern ist es wahrscheinlich, dass sie die graue Substanz an der Grenze der Vorder- und Hinterhörner nur durchsetzen (wie *Schiefferdecker* am Rückenmark des Hundes nachweisen konnte), aus dem *Seitenstrange* stammen, und somit nur eine Umlagerung von Längsfaserzügen aus dem einen Seitenstrange in den gekreuzten Vorderstrang bedeuten (vergl. unten die Pyramidenbahn).

2. Fasern, welche aus der lateralen Peripherie der *Vordersäulen* austreten, und, in die *Seitenstränge* eingetreten, bald in Längsrichtung umbiegen. Am reichlichsten erfolgt dieser Fasereintritt in die hintere Hälfte der Seitenstränge.

Ihren Ursprung nehmen diese Fasern aus dem Nervenfasernetze, und sind bei dem Verlassen der grauen Vordersäule zumeist von ausserordentlicher Feinheit (vergl. Fig. 47, III., wo sie an dem Verticalschnitt aus dem Lendenmark zu sehen sind).

3. Fasern aus den *Clarke'schen* Säulen, welche von da als Bündel auffallend dicker Nervenfasern in lateraler Richtung austreten, horizontal verlaufend die graue Substanz und die Seitenstränge quer durchsetzen und erst an der Peripherie der letzteren in die Längsrichtung umbiegen.

Wie von *Pick* nachgewiesen worden ist, sind diese Fasern die unmittelbaren Fortsetzungen der Axencylinderfortsätze jener Ganglienzellen, die in den *Clarke'schen* Säulen liegen (vergl. unten die Kleinhirnseitenstrangbahn).

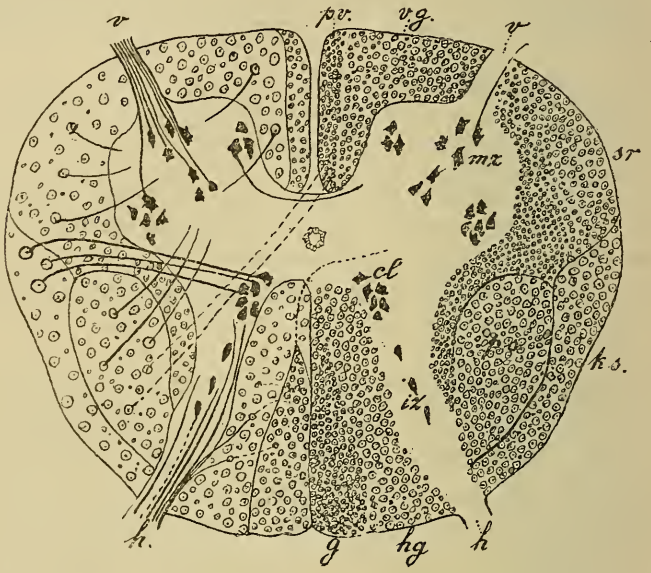
4. Fasern, die aus den Hintersäulen, und zwar sowohl aus der medialen als aus der lateralen Seite austreten und sich, ohne bündelweise zusammenzutreten, den betreffenden Strängen zugesellen.

Aus diesen Faserkategorien setzt sich der Markmantel des Rückenmarkes zusammen und stellt dann ein im Querschnitt gleichförmig aussehendes Feld weisser Substanz dar, in welchem es nicht mehr ohne Weiteres gelingt, die einzelnen Fasergattungen zu unterscheiden. Nur in der hinteren Hälfte der Seitenstränge setzt sich im Brust- und noch besser im Halsmark ein schmales, die Peripherie einnehmendes Feld durch das auffallend dicke Kaliber seiner Fasern ab, und in den Hintersträngen fällt die grosse Feinheit der Fasern in den medialen Antheilen auf (vergl. das Schema, Fig. 49, g.). Dadurch erscheint schon eine gewisse Gliederung des Markmantels angedeutet, tieferen Einblick jedoch gewähren erst die entwicklungsgeschichtliche Methode und die Befunde bei secundärer Degeneration.

Der Markmantel des Rückenmarkes. Nachdem schon vorher pathologisch-anatomische Befunde über secundäre Degeneration (*Türck*, *Bouchard*) es ermöglicht hatten, einzelne am Querschnitt als zusammenhängende Felder auftretende Theile des Markmantels von der übrigen Masse desselben zu trennen, gelang es *Flechsig* durch systematische Untersuchung des embryonalen menschlichen Rückenmarkes, den Markmantel in *sieben paarige Fasersysteme* zu zerlegen. Jedes derselben erhält zu verschiedener Zeit des Embryonallebens seine Markumhüllung und wird dadurch unterscheidbar. Fünf davon liegen in jedem Vorder- und Seitenstrang, zwei in jeder Hinterstranghälfte.

Der Zeitfolge der Markumhüllung nach geordnet sind es: 1. die *Grundbündel der Vorderstränge* (Fig. 49, vg.); 2. die *Grundbündel der Hinterstränge* (hg.); 3. die *Seitenstrangreste* (sr.), nach *Flechsig* in zwei Theile zerfallend, die *vordere gemischte Seitenstrangzone* und die später ihre Markumhüllung erhaltende, der lateralen Fläche des Hinterhornes anliegende *seitliche Grenzschicht der grauen Substanz*;

Fig. 49.



Schematische Darstellung des Faserverlaufes im Rückenmarkssegmente (nach *Flechsig*, etwas modificirt).

pv. Pyramidenvorderstrangbahn. ps. Pyramidenseitenstrangbahn. ks. Kleinhirnseitenstrangbahn. g. *Goll'scher* Strang. hg. Hinterstranggrundbündel. vg. Vorderstranggrundbündel. sr. Seitenstrangreste. v. Vordere Wurzel. h. Hintere Wurzel. mz. Grosse Ganglienzellen der Vordersäulen. iz. Isolirte Ganglienzellen der Hintersäulen. cl. *Clarke'sche* Säulen.

Man sieht an diesem Schema sämmtliche vordere Wurzelfasern an die grossen Ganglienzellen der Vordersäulen treten. An eine Zelle der vorderen medialen Gruppe tritt eine aus der Kreuzungscommissur tretende Nervenfaser. Aus der Vordersäule treten nach allen Richtungen Fasern in den Markmantel, vornehmlich aber in das Feld der Pyramidenseitenstrangbahn, wo sie in Längsrichtung umbiegen. In das gleiche Feld gelangen auch Fasern aus der gekreuzten Pyramidenvorderstrangbahn, nachdem sie die graue Substanz durchsetzt haben (unterbrochene Linien).

Aus den Ganglienzellen der *Clarke'schen* Säulen treten dicke Fasern, und verlaufen quer durch die Seitenstränge in das Feld der Kleinhirnseitenstrangbahn, wo sie in Längsrichtung umbiegen.

Von den hinteren Wurzelfasern tritt ein Theil vielleicht (punktirte Linien) an die isolirten Ganglienzellen, ein Theil tritt in die Hintersäule, ein Theil in das Feld der Hinterstranggrundbündel, von wo die Fasern, nachdem sie die Längsrichtung eingeschlagen, wieder in das mediale Feld der *Goll'schen* Stränge ablenken (punktirte Linie). Aus dem *Goll'schen* Strange gelangen vielleicht (punktirte Linie) Fasern in die hintere Commissur und in die gekreuzte Hintersäule.

4. die *Goll'schen Stränge* (g.); 5. die *Kleinhirnseitenstrangbahnen* (ks.); 6. die *Pyramidenvorderstrangbahnen* (pv.); 7. die *Pyramidenseitenstrangbahnen* (ps.). Die beiden letztgenannten Bahnen stellen Theile eines und desselben Fasersystemes — der *Pyramidenbahn* — dar und erhalten demnach ihr Mark gleichzeitig, und zwar sehr spät, erst an ca. 50 Cm. langen, also nahezu reifen Embryonen.

1) Die Fasersysteme in den Vorder- und Seitensträngen.

Sie zerfallen in zwei Gruppen, von denen die eine hauptsächlich *Bahnen zur Verbindung der einzelnen Rückenmarkssegmente* unter einander (vg. und sr.), die zweite *Bahnen zur Verbindung der Rückenmarkssegmente mit den übrigen Theilen des Centralorganes* (pv., ps., ks.) umfasst.

Die Fasersysteme der *ersten Gruppe* nehmen am Querschnitte die Felder der *Grundbündel der Vorderstränge* und der *Seitenstrangreste* ein. Das erste dieser Systeme stellt vornehmlich die Eintrittspforte der vorderen Wurzelfasern dar und zeigt dementsprechend die oben schon des Näheren erwähnten *Grössenschwankungen* des Querschnittsareales, je nach Zahl der eintretenden Wurzelfasern und Länge des Segmentes (Fig. 50). Entsprechend ihrem vorwiegenden Charakter als periphere Nerven umhüllen sich diese Faserzüge zuerst mit Mark.

Das zweite hieher gehörige Feld zeigt schon weniger auffällige Volumsschwankungen; ausserdem lässt sich nachweisen, dass diese nur auf Rechnung der vorderen Abtheilung desselben (vordere gemischte Seitenstrangzone) zu setzen sind, während die hintere (seitliche Grenzschicht) keine deutlichen segmentalen Beziehungen aufweist. In diesen Fasersystemen sind *kurze Bahnen* enthalten, welche verschiedene Rückenmarkssegmente unter einander zu verbinden bestimmt sind, was am klarsten aus dem Verhalten bei der secundären Degeneration hervorgeht.

Nach querer Durchtrennung des Rückenmarkes nemlich findet sich im Bereiche dieser Fasersysteme eine auf- oder absteigende Degeneration immer nur entsprechend einer ganz kurzen Strecke, kaum die Höhe eines oder zweier Segmente überschreitend.

Das Areal, welches diese beiden Fasersysteme auf dem Querschnitt in den verschiedenen Höhen des Rückenmarkes einnehmen, ist an dem Schema, Fig. 50, ersichtlich.

Die in die *zweite Gruppe* gehörenden Fasersysteme, *die Pyramidenbahnen und die Kleinhirnseitenstrangbahnen*, sind dadurch ausgezeichnet, dass sie ganz unabhängig von dem segmentalen Bau des Rückenmarks eine *continuirliche Querschnittszunahme* von unten nach oben aufweisen. Nach querer Durchtrennung des Rückenmarkes degeneriren sie durch die ganze Länge des Organes, die Pyramidenbahn in absteigender, die Kleinhirnseitenstrangbahn in aufsteigender Richtung.

Die Pyramidenbahnen verdanken ihren Namen dem Umstande, dass die sämmtlichen in den beiden paarigen Leitungsbahnen (Pyram. Vstgb. und Pyram. Sstgb.) aufsteigenden Fasern sich auf dem Wege der sog. *Pyramidenkreuzung* in den Pyramiden des verlängerten Markes vereinigen. Diese Vereinigung geschieht derart, dass die Elemente der

Pyramidenseitenstrangbahn in die gekreuzte Pyramide gelangen, die Elemente der Pyramidenvorderstrangbahn hingegen in die gleichseitige Pyramide treten. Cerebralwärts verlaufen die Pyramidenfasern dann zwischen den Querfasern der vordern Brückenabtheilung hindurch, gelangen in den Grosshirnschenkel, von da auf dem Wege der inneren Kapsel in das Mark der Grosshirnhemisphären und enden in bestimmten Theilen der Grosshirnrinde. Die Wurzeln dieses langen Fasersystemes liegen in den grauen Vordersäulen des Rückenmarkes und sind oben bereits als dem Nervennetze entstammende Faserbündel, die in die Seitenstränge treten, beschrieben worden. Da das Nervennetz aber andererseits auch mit den grossen, multipolaren Ganglienzellen der Vordersäulen und durch deren Vermittlung mit den vorderen Wurzeln und mit den motorischen peripheren Nerven, zusammenhängt, so stellt die Pyramidenbahn ein Leitungssystem dar, das, aus mehrfachen Gliedern bestehend, die Hirnrinde mit den peripheren, motorischen Endapparaten (in den Muskeln) verbindet. Die Leitungsrichtung in ihm ist zweifellos eine *centrifugale* und desshalb sei es auch gestattet, entgegen unserer bisherigen Darstellungsweise, diese Leitungsbahn in ihrem Verlaufe von oben nach unten zu beschreiben.

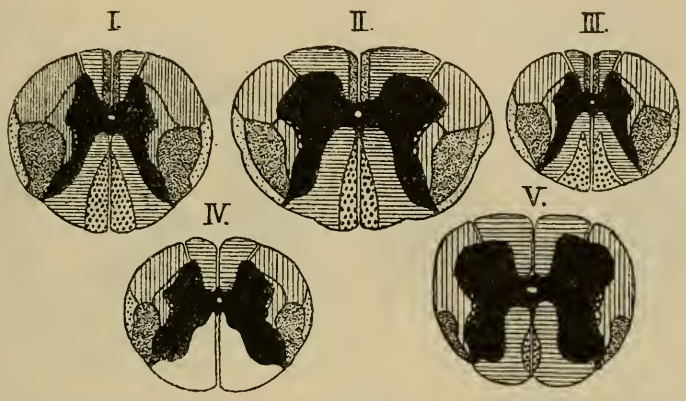
Den aus der einen Grosshirnhemisphäre stammenden, und in der gleichnamigen Pyramide des verlängerten Markes gesammelten Fasern des Systemes steht bei dem Eintritt in den Markmantel des Rückenmarkes ein doppelter Weg bis zu ihrer Zellenstation in den Vordersäulen offen: der Vorderstrang, welcher der betreffenden Pyramide gleichnamig ist (ungekreuzt) und der Seitenstrang der entgegengesetzten Seite (gekreuzt).

Wie *Flechsig* nachgewiesen hat, besteht in diesem Verlaufe i. e. in den Faserantheilen, welche den einen oder den andern Weg einschlagen, eine grosse *Variabilität*. Es kommt vor Allem 1) eine *totale Decussation beider Pyramiden* vor, so dass die sämmtlichen Fasern der Pyramiden in die ungleichnamigen Pyramidenseitenstrangbahnen übertreten und die Pyramidenvorderstrangbahnen vollständig fehlen. 2) Eine *Semidecussation der einen Pyramide* (wobei mehr oder weniger als 50 % des Areales derselben ungekreuzt bleiben können), bei totaler Decussation der anderen. In diesem Falle findet sich neben der beiderseitigen Pyramidenseitenstrangbahn nur eine Pyramidenvorderstrangbahn vor. 3) *Eine Semidecussation beider Pyramiden*, die symmetrisch oder asymmetrisch sein kann. Auf beiden Seiten können verschieden grosse Faserantheile ungekreuzt bleiben, welches Verhältniss schon in der äusseren Configuration des Rückenmarkes (Breite der Vorderstränge) seinen Ausdruck findet. Immer aber, wenn man das Querschnittsareale der einen Pyramidenseitenstrangbahn mit dem der zugehörigen entgegengesetzten Pyramidenvorderstrangbahn vergleicht, lässt sich ein umgekehrtes Grössenverhältniss der beiden nachweisen.

Eine besondere Erwähnung mögen noch die seltenen Fälle finden, wo der grösste Theil der Pyramidenfasern ungekreuzt bleibt, die Pyramidenseitenstrangbahn somit nur sehr schwach entwickelt ist.

Die *Pyramidenvorderstrangbahn* ist als ein bei Embryonen von 34—50 Cm. Körperlänge wohl begrenztes, markloses Querschnittsfeld an der Innenfläche der Vorderstränge nachzuweisen. Sie besitzt variable Grösse und ist niemals bis zum unteren Ende des Rückenmarkes vorhanden, was augenscheinlich von dem geringen Flächeninhalte ihres Areales im Halstheile abhängt. Ist die Pyram. Vstgb. dort noch halbwegs mächtig, dann lässt sie sich bis zur Mitte des Brustmarkes nachweisen, äusserst selten bis in den Beginn der Lendenanschwellung; bei schwacher Entwicklung aber kann sie bereits im mittleren Halsmark ihr Ende erreichen.

Fig. 50.



Schematische Darstellung der *Leitungsbahnen* im Rückenmark (nach *Flechsig*).

Durch *horizontale Linien* sind die Vorderstranggrundbündel bezeichnet, durch *verticale Linien* die Seitenstrangreste, durch *grosse Punkte* die *Goll'schen* Stränge, durch *kleine zerstreute Punkte* die Kleinhirnseitenstrangbahnen, durch *kleine dichte Punkte* die Pyramidenvorderstrangbahnen und die Pyramidenseitenstrangbahnen.

I. Höhe des zweiten Halsnerven. II. Höhe des sechsten Halsnerven. III. Höhe des dritten Brustnerven. IV. Höhe des zwölften Brustnerven. V. Höhe des vierten Lendennerven.

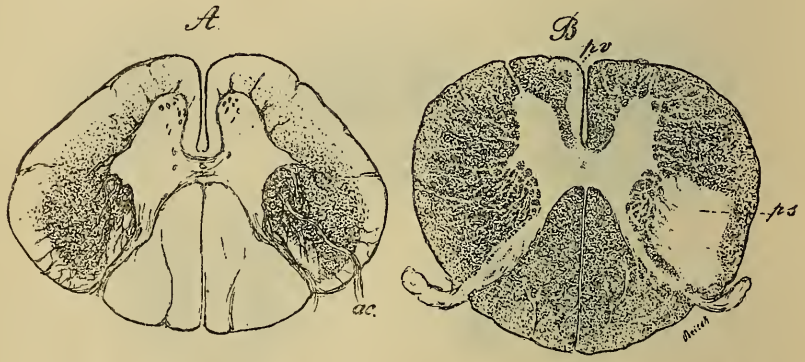
Es ist wahrscheinlich, dass ihre Fasern auf dem Wege der vorderen Kreuzungscommissur nachträglich noch sich der gekreuzten Pyram. Sstgb. zugesellen (vergl. oben Seite 186).

Die *Pyramidenseitenstrangbahn* lässt sich als ein bei Embryonen des oben bezeichneten Alters markloses Feld unter stetiger, in den Anschwellungen rascher erfolgender Abnahme ihres Areales bis zur Höhe des dritten oder vierten Sacralnerven nachweisen. Sie hat in der hinteren Hälfte der Seitenstränge eine ganz charakteristische Lage und Gestalt. Der vordere Rand des im Allgemeinen dreieckig (mit innerer Spitze) gestalteten Feldes überschreitet nicht eine Querlinie, die man durch die hintere Commissur gelegt denkt; medial grenzt das Feld nur mit seinem hinteren Theile an das Hinterhorn, vorne ist es durch die seitliche Grenzschicht der grauen Substanz

von diesem getrennt, lateral endlich wird es von dem schmalen Felde der Kleinhirnseitenstrangbahn überlagert und erreicht nur in zwei Abschnitten des Rückenmarkes die Peripherie. Einmal und zwar mit seinem hintersten Theile im obersten Halsmark, und dann im Lendenmark, wo die Kleinhirnseitenstrangbahn fehlt. Dort sitzt dann die Basis der dreieckigen Figur der Peripherie auf. Fig. 50 zeigt in schematischer Weise dieses, aus der Untersuchung des embryonalen Rückenmarkes sich ergebende Verhalten.

Von principieller Wichtigkeit ist es ferner, dass die Untersuchung der secundären Degeneration zu den völlig gleichen Resultaten führt.

Fig. 51.



A. Querschnitt in der Höhe des zweiten Halsnerven durch das Rückenmark eines 14 Monate alten Kindes mit Hemiatrophia cerebri. *Marklos gebliebene Pyramidenseitenstrangbahnen.* Das Präparat gibt zugleich ein gutes Bild von der Gestalt des Rückenmarksquerschnittes bei *totaler Decussation beider Pyramiden.* Das Fehlen einer Pyramidenvorderstrangbahn bedingt die auffallende Schmalheit der Vorderstränge. (Carminpräparat von *Pick*, 5mal vergrössert.) Das Feld der Pyramidenseitenstrangbahn, in welchem die Fasern keine Markscheiden besitzen, erscheint im Präparate dunkelroth, in der Zeichnung schwarz. An dem Präparate findet sich ausserdem eine ausserordentlich deutliche Accessoriuswurzel (ac) und sind namentlich die Querschnitte der Wurzelbündel des Accessorius in den Processus reticulares schön zu sehen.

B. Querschnitt aus dem obersten Halstheile des Rückenmarkes eines Mannes mit durchgreifender Erweichung des linken Grosshirnschenkels. *Secundäre Degeneration der linken Pyramidenvorderstrangbahn* (pv.) *und der rechten Pyramidenseitenstrangbahn* (ps.) (Ungefärbtes Glycerinpräparat, 4 mal vergrössert.) Die degenerirten Felder erscheinen im Präparate wegen des Fehlens der Markscheiden hell.

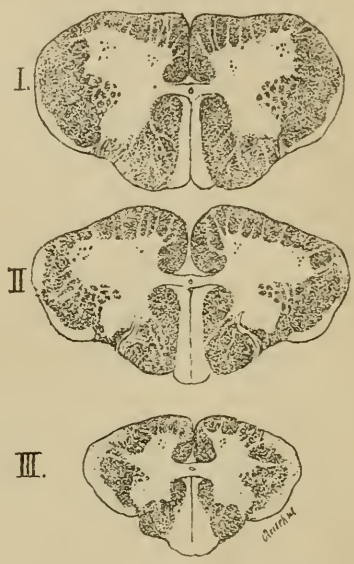
Das hier besprochene Fasersystem degenerirt in absteigender Richtung und tritt desshalb, wenn es an irgend einer Stelle seines Verlaufes in den höher gelegenen Theilen des Centralorganes unterbrochen wurde, in Gestalt von Degenerationsfeldern mit derselben Deutlichkeit hervor, wie im embryonalen Rückenmarke (Fig. 51, A. B.).

Die *Kleinhirnseitenstrangbahnen* nehmen am Querschnitte ein nur im Brust- und Halsmark jederseits nachweisbares Feld ein, das sich an der Peripherie der Seitenstränge findet und dort die Pyramidenbahn grösstentheils lateral umschliesst. Am Rückenmarke des Erwachsenen, noch mehr des Kindes, zeichnet sich dieses Feld durch das

auffallend dicke Kaliber seiner Fasern aus; am embryonalen Rückenmarke wird es durch die früher erfolgende Markumhüllung von den Pyramidenbahnen abgrenzbar. Die in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes wechselnde Gestalt des von unten nach oben langsam wachsenden Areales der Kleinhirnseitenstrangbahnen zeigt Fig. 50, welche nach den Befunden am embryonalen Rückenmarke construirt ist. Auch die Befunde der secundären Degeneration nach querer Durchtrennung des Rückenmarkes stehen an diesem, in aufsteigender Richtung degenerirenden Fasersystem so ziemlich in Uebereinstimmung mit den durch die entwicklungsgeschichtliche Methode festgestellten Thatsachen. Selbstverständlich fehlt dabei jedoch die progressive Zunahme des Areales nach oben zu, weil die oberhalb der Läsionsstelle dem Fasersysteme sich zugesellenden Nervenfasern intakt bleiben.

Wie Fig. 52 zeigt, erstreckt sich das Areale des in den Seitensträngen aufsteigend degenerirenden Fasersystemes an der Peripherie derselben auffallend weiter nach vorne, als es nach den *Flechsig'schen* Mittheilungen sich ergeben würde.

Fig. 52.



Querschnitte durch ein in der Höhe des sechsten Brustnerven quer durchtrenntes Rückenmark. *Aufsteigende secundäre Degeneration* der Kleinhirnseitenstrangbahnen und des medialen Antheils der Hinterstränge. (Ungefärbtes Glycerinpräparat, 3mal vergrössert.)

I. Aus der Höhe des fünften Halsnerven.
II. Aus der Höhe des siebenten Halsnerven.
III. Aus der Höhe des ersten Brustnerven.

Die das Fasersystem der (direkten) Kleinhirnseitenstrangbahnen constituirenden Nervenfasern sind Fortsetzungen der Axencylinderfortsätze der in den *Clarke'schen* Säulen lagernden Ganglienzellen. Oben (S. 187) sind diese Fasern, welche bündelweise die Seitenstränge quer durchsetzen, bereits beschrieben worden. Sie führen auch den Namen *horizontale Kleinhirnbündel*. Wie später noch des Näheren gezeigt werden soll, treten die Kleinhirnseitenstrangbahnen, ohne eine Unterbrechung durch Ganglienzellen zu erleiden, aus dem Rückenmark in die Strickkörper (Corpora restiformia) und gelangen mit diesen in das Kleinhirn. Bis dahin lassen sie sich auch bei secundärer Degeneration verfolgen (*Westphal, Strümpell*).

Zu einer Entscheidung über die Leitungsrichtung in diesem Systeme fehlen vorläufig feste Anhaltspunkte, doch spricht Vieles dafür, dass sie eine centripetale ist.

2) Die Fasersysteme in den Hintersträngen.

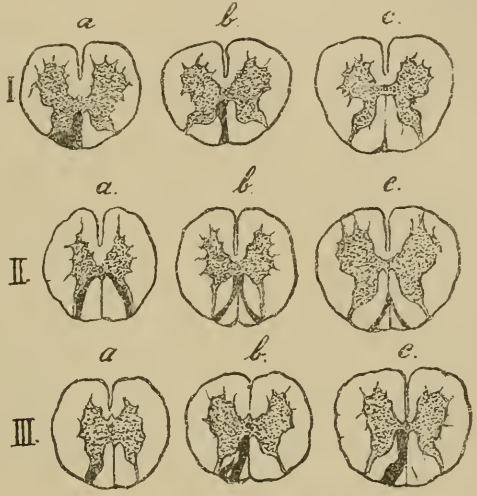
Nach *Flechsig's* embryologischen Untersuchungen zerfällt der Querschnitt der Hinterstränge in zwei paarige Felder: 1) die frühzeitig angelegten und bald ihr Mark erwerbenden lateralen *Hinterstranggrundbündel* und 2) die in ihrer Anlage und Markscheidenbildung um 4 bis 6 Wochen später nachfolgenden medialen *Goll'schen Stränge*. Eine sichere Abgrenzung der beiden Felder gelang *Flechsig* jedoch nur im Hals- und oberen Brustmark. Wie die schematischen Figuren (Fig. 50) zeigen, stimmt das Verhalten des Areales der *Goll'schen* Stränge insoferne mit jenem der langen Bahnen in den Vorder- und Seitensträngen überein, als es eine continuirliche Grössenzunahme von unten nach oben aufweist. Die Hinterstranggrundbündel hingegen zeigen enge Beziehungen zu den Rückenmarkssegmenten, d. i. eine Querschnittszunahme entsprechend dem zahlreicheren Eintritt hinterer Wurzelfasern in eine Längeneinheit des Segmentes. Weiteren Aufschluss über die Fasersysteme in den Hintersträngen gibt die Untersuchung der secundären Degeneration. Bei querer Durchtrennung des Rückenmarkes (beim Menschen sowohl als experimentell beim Thiere) stellt sich eine aufsteigende Degeneration in den Hintersträngen ein, und zwar erscheint unmittelbar über der Läsionsstelle das ganze Areale derselben degenerirt; eine kurze Strecke weiter oben jedoch fängt das Degenerationsfeld an allmälig von der medialen Seite der Hinterhörner zurückzuweichen, und erhält bald die Gestalt eines medial gelegenen Dreiecks mit hinterer, der Peripherie aufsitzender Basis (vergl. Fig. 52). Nach oben zu wird dieses Degenerationsdreieck immer schmäler, und zwar um so schmäler, je tiefer (näher dem untern Ende des Rückenmarkes) die Läsionsstelle ihren Sitz hat. Ist das untere Halsmark von der Durchtrennung getroffen, dann erscheint die dreieckige Degenerationsfigur bedeutend breiter als das auf embryologischem Wege abgegrenzte mediale Dreieck.

Durch pathologisch-anatomische sowohl als durch experimentell-anatomische Untersuchung lässt sich ferner der Nachweis erbringen, dass die in den Hintersträngen aufsteigend degenerirenden Fasern identisch sind mit dem oben (Seite 185) bereits erwähnten Antheil der hinteren Wurzeln, der in die Hinterstränge eingetreten, dort verbleibt. Wird nemlich beim Menschen die Cauda equina, welche die Wurzeln des ganzen unteren Rückenmarksendes enthält, durch einen Erkrankungsprocess (Compression durch eine Geschwulst im Wirbelkanal) zerstört, so findet sich bis zum oberen Ende des Rückenmarkes dasselbe, jedoch bedeutend schmälere Degenerationsdreieck in den Hintersträngen, wie bei querer Durchtrennung des Organes. Bei Hunden andererseits gelingt es leicht, ohne Gefährdung des Lebens dieser Thiere, verschiedene

Reihen hinterer Wurzeln zu zerstören und so die nachträglich zur Entwicklung gelangende secundäre Degeneration zur Anschauung zu erhalten.

Nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln vom zweiten Sacralnerven bis hinauf zum sechsten Lendennerven findet man im Bereiche der durchschnittenen Nerven totale Degeneration des Hinterstranges; in der Höhe der nächst oberen Lendennervenwurzeln zieht sich das Degenerationsfeld dann nach und nach von der medialen Fläche der Hintersäule zurück und wird schliesslich auf ein schmales Dreieck reducirt, welches bis in das Halsmark zu verfolgen ist (Fig. 53 I.).

Fig. 53.



Aufsteigende secundäre Degeneration in den Hintersträngen des Rückenmarkes von Hunden nach Durchtrennung *hinterer Nervenwurzeln.*

I. Nach Durchtrennung der hinteren Wurzeln vom zweiten Sacralnerven bis zum sechsten Lendennerven (*Singer*). a. Querschnitt in der Höhe des sechsten Lendennerven. b. Querschnitt in der Höhe des vierten Lendennerven. c. Querschnitt aus dem mittleren Halsmark.

II. Nach Durchtrennung der hinteren Wurzeln des elften und zwölften Brustnerven (*Singer*). a. Querschnitt in der Höhe des zwölften Brustnerven. b. Querschnitt in der Höhe des dritten Brustnerven. c. Querschnitt aus dem mittleren Halsmark.

III. Nach Degeneration der hinteren Wurzeln des zweiten Brustnerven bis fünften Halsnerven (*Kahler*). a. Querschnitt in der Höhe des ersten Brustnerven. b. Querschnitt in der Höhe des sechsten Halsnerven. c. Querschnitt in der Höhe des ersten Halsnerven.

Durchschneidet man die hinteren Wurzeln des fünften bis ersten Lendennerven, so resultirt in der Höhe der getroffenen Wurzeln ein Degenerationsfeld, welches genau das negative Bild des früheren darstellt, und in höheren Ebenen des Rückenmarks findet sich dann ein bedeutend grösseres Degenerationsdreieck, welches jedoch ein intakt gebliebenes, mediales Dreieck einschliesst. Letzteres stimmt, was Gestalt und Grösse betrifft, genau mit dem bei dem früheren Versuche erzielten Degenerationsfeld überein.

Bringt man endlich hintere Brust- oder Halsnervenwurzeln zur Degeneration, so stellt sich übereinstimmend das Verhalten heraus, dass in der Höhe der degenerirten Wurzeln ein der medialen Fläche der Hintersäule anliegendes Feld degenerirt erscheint. In höheren Ebenen des Rückenmarkes rückt dieses Feld dann nach und nach gegen die Medianlinie vor, bis es sich der lateralen Seite jener

dreieckigen Figur anlagert, welche bei Durchschneidung sämmtlicher tieferen hinteren Nervenwurzeln resultiren würde (Fig. 53 II. u. III.).

Das Ergebniss aller dieser Befunde lässt sich dahin formuliren, dass von jeder in den Markmantel eingetretenen hinteren Wurzel ein gewisser Faserantheil im gleichseitigen Hinterstrange direkt aufwärts zieht und sich dabei immer mehr der Medianlinie nähert. Die successive Verkleinerung des Areales der Degenerationsfelder macht es wahrscheinlich, dass einzelne dieser aufsteigenden Fasern auch in höheren Ebenen noch in die graue Substanz der Hintersäulen ablenken (auf dem Wege des Septum posterius, in die hintere Commissur? Vergl. das Schema Fig. 49).

Die in völlig regelmässiger Anordnung von der Eintrittsstelle der Wurzeln zum oberen Ende des Rückenmarkes aufsteigenden Fasern stellen das Gerüst für den Faseraufbau der Hinterstränge dar, in welches die nach kürzerem oder längerem Verlaufe in die Hintersäulen ablenkenden Fasern eingeflochten erscheinen. Diese Durchflechtung wird namentlich in den lateralen Theilen der Hinterstränge (Hinterstranggrundbündel), der Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln, stark sein, gering hingegen oder fehlend in den medialen Antheilen (*Goll'sche* Stränge). Daraus kann man schliessen, dass die Hinterstranggrundbündel zahlreiche periphere Nerven (Wurzelfasern) und kurze Bahnen, die *Goll'schen* Stränge aber nahezu ausschliesslich lange Bahnen enthalten; und so erklärt sich die Möglichkeit, beide Felder in den oberen Rückenmarkstheilen auf Grund verschiedenzeitiger Markumhüllung ihrer Fasern zu unterscheiden.

Die in den Hintersträngen aufsteigenden Bahnen übergehen nicht direkt in höhere Abschnitte des Centralorganes, sondern finden ihr vorläufiges Ende in einer Zellenstation, welche sich in gleicher Höhe mit der Pyramidenkreuzung zu entwickeln beginnt. Dort findet auch die aufsteigende secundäre Degeneration ihr Ende.

Die centripetale Leitungsrichtung der in den Hintersträngen enthaltenen Fasersysteme steht ausser Zweifel.

Das verlängerte Mark.

Zur Trennung des verlängerten Markes (*Medulla oblongata*) vom Rückenmark dient der an der vorderen Fläche des Organes äusserlich erkennbare Beginn der *Pyramidenkreuzung*. In der Höhe der ersten Halsnervenwurzel gewahrt man, zuerst in der Tiefe des vorderen Längsspaltes, bald jedoch mehr oberflächlich, dicke Nervenfaserbündel, welche, von einem Vorderstrang zum andern übertretend, in der Medianlinie spitzwinklig zusammenstossen und sich durchkreuzen. So kommt

eine Unterbrechung des vorderen Längsspaltes zu Stande; nach vollendeter Kreuzung jedoch, sobald die beiden *Pyramidenzapfen* völlig entwickelt sind, fassen diese abermals eine vordere Längsfurche (Sulcus anterior medullae oblongatae) zwischen sich, die am unteren Rande der Brücke mit dem Foramen coecum endet. Die vordere Fläche des verlängerten Markes hat demnach noch so ziemlich den Rückenmarkstypus bewahrt, nur sind an Stelle der schmalen Vorderstränge jetzt die bedeutend voluminöseren Pyramiden getreten. Daraus lässt sich schon ein aus anderen Theilen des Organes erfolgter Faserzuwachs erschliessen; er stammt, wie oben (Seite 190) dargestellt wurde, aus den Seitensträngen (Pyramidenseitenstrangbahn). Viel eingreifendere Veränderungen seiner äussern Gestalt erfährt das Rückenmark bei dem Uebergang in das verlängerte Mark an seiner lateralen und hinteren Fläche, an ersterer Stelle durch die Einlagerung der *Oliven* in die Masse der Seitenstränge, an letzterer durch die *Eröffnung des Centralkanales.* Diese findet oberhalb der Pyramidenkreuzung, 2—3 Mm. unter dem Beginn der an den Seitensträngen in Folge der Oliveneinlagerung sichtbaren Vorwölbung statt.

Die Austrittslinie der vorderen Nervenwurzeln (Sulc. lateral. ant.) erleidet durch die Oliven eine Unterbrechung, doch ist der mediale Rand der Oliven als deren Fortsetzung anzusehen, da hier die Wurzelfasern des *Hypoglossus* austreten, welche sich völlig homolog den vorderen Wurzeln verhalten. Am oberen Ende des verlängerten Markes stösst die zwischen Olive und Pyramide liegende Furche an die Querfaserung der Brücke, und hier findet sich die Austrittsstelle des, gleichfalls den vorderen Wurzeln homologen *Abducens.*

Die Austrittslinie der hinteren Nervenwurzeln entfernt sich bereits im obersten Halsmarke nach und nach von der hinteren Längsfurche und nähert sich so der Accessoriuswurzellinie, mit der sie endlich auch, in der Höhe des ersten Halsnerven, verschmilzt. An der Seitenfläche des verlängerten Markes finden sich dann in der Fortsetzung dieser Linie die Austrittsstellen des *Vagus* und *Glossopharyngeus*, welche sich somit den hinteren Wurzeln gleich verhalten. Durch die laterale Verlagerung der hinteren Seitenfurchen nehmen die Hinterstränge in der Höhe des ersten Halsnerven an Breite zu, treten endlich aus einander (*Calamus scriptorius*) und verwandeln sich in die gegen das Kleinhirn aufsteigenden *Strickkörper* (*Corpora restiformia,* Kleinhirnstiele, untere Kleinhirnschenkel).

An ihrer hinteren Fläche lassen die Hinterstränge dabei noch immer die durch den Sulcus intermedius posterior bedingte Trennung in zwei Stränge wahrnehmen, deren medialer die Fortsetzung des *Goll'schen* Stranges darstellt (*Funiculus gracilis,* zarter Strang). Dieser geht jederseits neben der Spitze des Calamus in eine keulen-

förmige Auftreibung (*Clava*) aus. Der laterale Strang stellt die Fortsetzung des Keilstranges dar (*Funiculus cuneatus*) und weist etwas weiter oben gleichfalls eine, etwas weniger auffallende Auftreibung auf (*Tuberculum cuneatum*). Die Clava geht, sich langsam verjüngend, in den medialen Theil, das Tuberculum cuneatum in den lateralen Theil des Corpus restiforme über.

Zu diesen Fortsetzungen der Hinterstränge gesellt sich von der lateralen Seite ein neuer, aus der Tiefe der Rückenmarkssubstanz nach hinten von der Accessoriusaustrittslinie sich entwickelnder Strang, der gleichfalls eine deutliche Anschwellung bildet, das *Tuberculum Rolandi* cinereum, und selbst den Namen *Funiculus Rolandi* führt (*Schwalbe*).

Sobald der Strickkörper sich zum Kleinhirn zu erheben beginnt, verschmelzen diese drei Stränge völlig. Sie sind auch weiter unten nur am kindlichen Organ deutlich abzugrenzen.

Einen weiteren, schon äusserlich sichtbaren Unterschied des Baues von Rückenmark und verlängertem Mark bilden *Querfaserzüge*, welche in den oberen Antheilen auftreten und dort verschiedene Abschnitte der Peripherie umgreifen. Sie entwickeln sich von der lateralen Seite des Strickkörpers und verlaufen über die Seitenfläche zur Vorderfläche der Oblongata, wo sie sich in den vorderen Längsspalt einsenken (*Stratum zonale Arnoldi*).

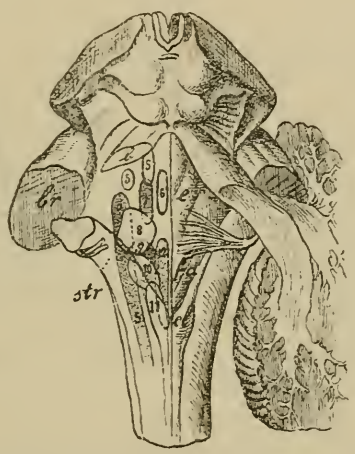
Durch das Auseinanderweichen der Hinterstränge wird der Centralkanal des Rückenmarks eröffnet und so zur *Rautengrube*, dem Boden des vierten Ventrikels. Bis zur Höhe der Recessus laterales oder, wie ziemlich allgemein angenommen wird, bis zu den Striae acusticae s. medullares (an Zahl und Stärke äusserst variable Acusticuswurzeln, die dem Boden des vierten Ventrikels entstammen, den Strickkörper umgreifen und zum Nervenstamme des Acusticus ziehen) gehört dieser graue Boden dem verlängerten Marke an. Von da bis zu seinem oberen Ende, wo die vom Dache des Ventrikels herabsteigenden Bindearme zusammentreffen und in das Mittelhirn eintreten, gehört er zu der hintern Abtheilung der Brücke. (An Fig. 60, S. 221, sind diese Grenzen zu sehen.) Der graue Boden der Rautengrube steht in continuirlichem Zusammenhang mit der centralen grauen Substanz des Rückenmarkes und zeichnet sich wie diese durch einen reichlichen Gehalt an Ganglienzellen, welche in spongiöser Substanz eingebettet sind, aus. Die Ganglienzellen sind hier zum grösseren Theil zu wohlbegrenzten Gruppen und Nestern gehäuft (*Kerne der Gehirnnerven*), doch kommen auch reichliche isolirte Zellen und Ganglienzellengruppen von bisher unbekannter Bedeutung vor. An seiner freien, dem vierten Ventrikel zugekehrten Oberfläche ist der graue Boden mit einer Fortsetzung der Substantia gelatinosa centralis bekleidet, dem *Ependym des Ventrikels*. Das Ependym besteht aus einem feinen Netze von Stützsubstanz und einer Decke von Cylinderepithel, das Flimmercilien trägt.

In Folge der Eröffnung des Centralkanales von hinten her muss die Vertheilung der grauen Substanz am Boden der Rautengrube eine derartige sein, dass die den Hintersäulen äquivalenten Abschnitte lateral,

die den Vordersäulen entsprechenden medial gelegen sind. In dem lateralen Abschnitte lagern Ganglienzellengruppen, welche die den hinteren Spinalnervenwurzeln sich anreihenden Gehirnnerven, in dem medialen solche, die den vorderen Spinalnervenwurzeln sich anreihende Gehirnnerven aufnehmen, oder besser gesagt ihnen zum Ursprung dienen.

Diese Ursprungsstätten sind zum Theil schon äusserlich am Boden der Rautengrube zu erkennen (vergl. Fig. 54). Zu beiden Seiten der medialen, unten tief eingesenkten, oben seichten Längsfurche finden sich Längswülste (*Funiculi teretes*), welche schmal am Calamus scriptorius beginnen, sich bis zu den Striae acusticae nach und nach verbreitern (f.) und unterhalb der letzteren stärker prominiren. Diese, mitunter sehr deutliche Auftreibung führt den Namen der *Eminentia*

Fig. 54.



Das verlängerte Mark, die Brücke und Vierhügelregion von hinten. Sämmtliche Kleinhirnschenkel durchschnitten (nach *Schwalbe*). Links sind die *Ursprungskerne der Gehirnnerven* (12—5) schematisch eingezeichnet, die der Oberfläche näher liegenden weiss, die tiefer im Boden der Rautengrube gelegenen punktirt.

cl. Clava des zarten Stranges. f. Funiculus teres. e. Eminentia teres. a. Ala cinerea. str. Strickkörper (unterer Kleinhirnschenkel). br. Brückenarm (mittlerer Kleinhirnschenkel). b. Bindearm (oberer Kleinhirnschenkel).

teres (e.). In der grauen Substanz der Funiculi teretes, unter den Striae, liegt die lange Ganglienzellengruppe des *Hypoglossuskernes* (12); die Eminentia teres enthält ein Nest von Ganglienzellen, das dem *Glossopharyngeuskern* zugerechnet wird und den Kern des *Abducens* (6).

Neben den Funiculi teretes senkt sich der graue Boden etwas und zeigt dabei eine dunkler graue Färbung — es ist die *Fovea posterior* oder *Ala cinerea* (a.), das Ursprungsgebiet des *Vagus* und *Glossopharyngeus* (10, 9). Neben der Eminentia teres findet sich gleichfalls eine leichte Vertiefung des grauen Bodens, die den Namen der *Fovea anterior* führt. Sie repräsentirt den Haupttheil des Ursprungsgebietes des *Acusticus* (8).

Die bisher geschilderte Veränderung der äusseren Gestalt des Centralorganes im Bereiche des verlängerten Markes findet vom einfachen morphologischen Standpunkte aus ihre Erklärung dadurch, dass

Oblongata und mit ihr Brücke und Mittelhirn die Bestimmung haben, einerseits das Rückenmark mit dem Grosshirn zu verbinden, andererseits aber auch das Kleinhirn in diese Verbindungsbahn einzuschalten. Das Kleinhirn erscheint desshalb mit den genannten Theilen durch drei Schenkelpaare verbunden — Strickkörper, Brückenarme, Bindearme (Fig. 54 str., br., b.). Denkt man die, bloss eine Commissur zwischen beiden Kleinhirnhemisphären darstellenden Brückenarme hinweg und stellt ferner, nach völliger Ausschaltung des Kleinhirnes, die Verbindung zwischen den Strickkörpern und Bindearmen her, so wird dadurch die Rautengrube wieder geschlossen und das Centralorgan erhält nahezu völlig den Rückenmarkstypus. Selbst Andeutungen einer Segmentirung des Organes lassen sich dann an dem Verhalten der Gehirnnerven noch erkennen.

Eine solche Ueberlegung aber berechtigt dazu, bei der Beschreibung der genannten Theile des Centralorganes die Bezeichnungen: *oben* und *unten*, *vorne* und *hinten* in demselben Sinne zu gebrauchen wie bei der Beschreibung des Rückenmarkes. Ausserdem erscheint es angezeigt, der Darstellung des inneren Baues dieser Theile, gleichwie es beim Rückenmark geschah, die Betrachtung von (auf die Längsaxe des Organes senkrechten) Querschnitten oder vielmehr *Querschnittsreihen* zu Grunde zu legen. Zur Abgrenzung der einzelnen Querschnittsreihen dient aus praktischen Gründen am besten eine nach äusserlichen Anhaltspunkten vorgenommene künstliche Segmentirung.

So zerfällt das *verlängerte Mark*, wenn man die Eröffnung des Centralkanales zur Abgrenzung benützt, in einen *geschlossenen Theil*, welcher die Pyramidenkreuzung enthält, und einen *offenen Theil*, dem die Oliven eingelagert sind. Jeder dieser Theile lässt sich noch in weitere Unterabtheilungen trennen.

Geschlossener Theil des verlängerten Markes.

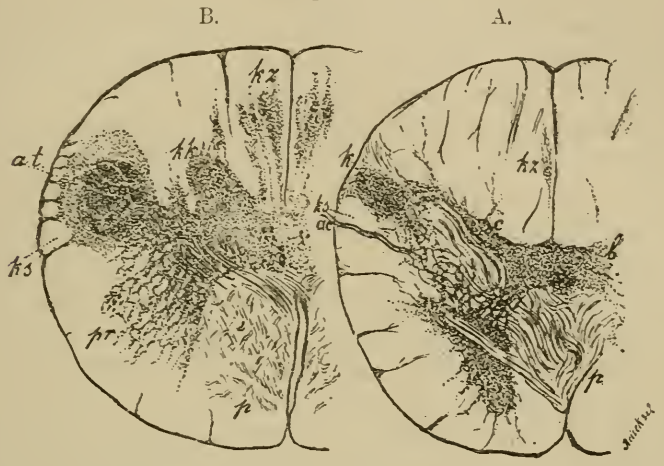
1) Querschnittsreihe in der Höhe der Pyramidenkreuzung.

Schon in der Höhe des zweiten Halsnerven bemerkt man am Querschnitt des Rückenmarks ein Auseinanderrücken der Hinterhörner und ausserdem ein Wachsen der Processus reticulares und der mit diesen verschmelzenden Seitenhörner.

Nach und nach treten die Hinterhörner noch mehr aus einander und erfahren dabei eine leichte Krümmung mit der Convexität nach innen und hinten (Fig. 55 A.). Ihr mittlerer Theil — cervix — erscheint auffallend schmal und verlängert, besteht nahezu nur aus hinteren Wurzelbündeln, Basis und Kopf hingegen gewinnen bedeutend

an Umfang. Der Kopf stellt einen runden, aus gelatinöser Substanz bestehenden Körper dar, dessen Anwesenheit sich in etwas höheren Ebenen durch eine Vorwölbung der Rückenmarksperipherie, als *Funiculus* und *Tuberculum Rolandi*, verräth. Doch erreicht dieser angeschwollene Kopf des Hinterhornes nur für eine kurze Strecke die Peripherie des Organes, denn sofort treten an seiner lateralen Fläche Querschnitte ziemlich dicker, markhaltiger Nervenfasern auf, welche rasch an Zahl wachsen, bis sie ein den Kopf des Hinterhornes lateral umsäumendes Markfeld bilden (Fig. 55 B. at.). Wie *Flechsig* nachgewiesen

Fig. 55.



A. Querschnitt in der Höhe des *Beginnes der Pyramidenkreuzung*, zwischen dem ersten und zweiten Halsnerven (im Gegensatz zu den Rückenmarksquerschnitten ist hier und in der Folge die untere Schnittfläche gezeichnet). (6mal vergrössert.) b. Basis des Hinterhornes. c. Cervix desselben. k. Kopf des Hinterhornes. ac. Accessoriuswurzel. kz. Kern des zarten Stranges. p. Pyramidenkreuzung. ks. Kleinhirnseitenstrangbahn.

B. Querschnitt in der Höhe des *oberen Endes der Pyramidenkreuzung*, über der Eintrittsstelle des ersten Halsnerven. k. Kopf des Hinterhornes. kz. Kern des zarten Stranges. kk. Kern des Keilstranges. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel. pr. Processus reticulares. p. Pyramide. ks. Kleinhirnseitenstrangbahn.

hat, umhüllen sich diese Nervenfasern im Embryo sehr frühzeitig mit Mark und zeigen in dieser Hinsicht somit dasselbe Verhalten wie die vornehmlich aus eintretenden Nervenwurzeln bestehenden Theile des Rückenmarksquerschnittes (vordere und hintere Grundbündel). Und in der That besitzt diese Formation die Bedeutung einer Nervenwurzel. Denn die gelatinöse Substanz sowohl als das lateral anliegende Markfeld bilden einen charakteristischen Bestandtheil sämmtlicher Querschnitte bis in das mittlere Drittel der Brücke, wo sie sich an der Bildung der Nervenwurzel des Trigeminus betheiligen. Die ganze Formation hat demnach die Bedeutung einer *aufsteigenden Trigeminuswurzel* (at.).

In noch höheren Ebenen wird der Cervix des Hinterhornes in das Netzwerk der mächtig entwickelten Processus reticulares einbezogen, Basis und Kopf erscheinen dann nur lose verbunden.

Die Basis der Hinterhörner und mit ihr die hintere Commissur gewinnen von vorne nach hinten an Breite und enthalten eine nach hinten und aussen vom Centralkanal gelegene Ganglienzellengruppe, welche dem *Accessoriuskern* angehört.

Der durch das Auseinanderweichen der Hintersäulen für die Hinterstränge geschaffene Raum wird zur Einlagerung von grauer Substanz in diese letzteren benützt. Zuerst tritt graue Substanz in spindelförmiger Gestalt in den *Goll'schen* Strängen, nahe dem Septum medianum (Fig. 55 A. kz.) auf, später in mehrfachen Herden, welche die Tendenz haben, mit der hinteren Commissur zu verschmelzen (Fig. 55 B. kz.). Etwas höher oben findet eine ähnliche Einlagerung grauer Substanz auch in den vorderen Abschnitten der Keilstränge statt, hier jedoch sofort als compacte Masse, welche mit der Basis des Hinterhornes zusammenfliesst (Fig. 55 B. kk.). Diese in die Masse der Hinterstränge eingelagerten Herde grauer Substanz, in welche die aufsteigenden Hinterstrangfasern einmünden, enthalten zahlreiche grosse multipolare Ganglienzellen. Sie führen den Namen *Kern des zarten Stranges* und *Kern des Keilstranges* und erlangen in höheren Querschnittsebenen noch eine bedeutend stärkere Entwicklung.

Viel eingreifendere Veränderungen noch als die Hinterstränge erleiden in dieser Querschnittsreihe die Seiten- und Vorderstränge. Das Wesentliche daran ist der Uebertritt der gesammten Pyramidenseitenstrangbahn der einen Seite in den Vorderstrang der anderen Seite, wobei die Faserzüge das gleichnamige Vorderhorn durchbrechen müssen.

Als Vorstufe dieser *Pyramidenkreuzung* ist jener Faserbestandtheil der vorderen Kreuzungscommissur des Rückenmarkes zu betrachten, welcher bereits dort wahrscheinlich eine Verbindung zwischen dem Seitenstrang der einen und dem Vorderstrang der anderen Seite herstellt. In der Höhe des zweiten Halsnerven treten Nervenfasern mit einer solchen Verlaufsrichtung in immer stattlicherer Zahl auf und bilden endlich Bündel markhaltiger Fasern, die in welligen Zügen von hinten nach vorne und innen verlaufen. Dabei durchbrechen sie zuerst die Processus reticulares und tragen so zu einer weiteren Entwicklung des Netzwerkes bei, dann aber, in der Höhe des ersten Halsnerven, auch das Seiten- und Vorderhorn und trennen diese Theile von der den Centralkanal umgebenden grauen Substanz ab (Fig. 55 A. p.). In noch höheren Querschnittsebenen wird die geschlossene Masse des Vorderhornes immer mehr reducirt, indem sie in das Netzwerk der Processus reticulares einbezogen wird (Fig. 55 B. pr.).

Ausser der Richtung von hinten nach innen und vorne verfolgen die sich in der Medianlinie kreuzenden Pyramidenfasern auch noch die Richtung steil nach oben, so zwar, dass ihr Verlauf einen spitzen Winkel mit der Längsaxe des Organes bildet. Dadurch geschieht es, dass in dem Querschnittsbilde immer nur kurze Verlaufsstrecken der einzelnen zur Kreuzung gelangenden Faserbündel zur Anschauung kommen.

Die an der Fissura longitudinalis angekommenen Bündel kreuzen sich mit ihren Genossen von der anderen Seite derart, dass ein einfaches Flechtwerk mit rhombischen, in der Längsrichtung der Oblongata gestreckten Maschen zu Stande kömmt. Man nimmt deshalb an den einzelnen Querschnitten zumeist nur vorwiegend Fasern einer Verlaufsrichtung wahr (auf Fig. 55 A. z. B. nahezu ausschliesslich Faserbündel aus dem linken Seitenstrange) und wird oft sehr bedeutende Asymmetrien einzelner Querschnitte nicht auffallend finden dürfen. Häufig sieht man auch ein in Kreuzung begriffenes Bündel in der Tiefe der Fissura anterior in Form eines Zapfens erscheinen (Processus mamillaris, *Stilling*).

Die aus dem Felde der Pyramidenseitenstrangbahn in die gekreuzte Pyramide übergegangenen Fasern erhalten dort ihren bleibenden Platz in dem medialen Abschnitte, indem sie sich den ungekreuzt aufsteigenden Pyramidenvorderstrangbahnen medial auflagern. Lateral von den letzteren liegen dann die bedeutend reducirten Reste der Vorderstranggrundbündel.

Die Kleinhirnseitenstrangbahn, das zweite in den Seitensträngen durch die Entwicklungsgeschichte und durch die Befunde bei der secundären Degeneration nachzuweisende lange Fasersystem, ist in dieser Querschnittsreihe auch am völlig ausgebildeten Organ durch das dicke Faserkaliber deutlich kenntlich. Ihr Feld setzt sich scharf von den immer von grauer Substanz durchflochtenen Seitenstrangresten ab, ist jedoch nach hinten zusammengedrückt und liegt an der Peripherie unmittelbar vor dem Kopf des Hinterhornes und der aufsteigenden Trigeminuswurzel.

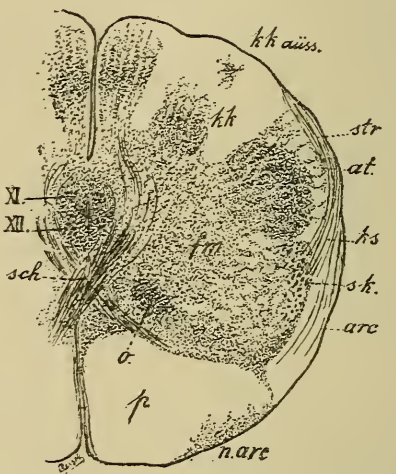
2) Querschnittsreihe in der Höhe der sich vorbereitenden Eröffnung des Centralkanales.

An der vorderen Peripherie der Schnitte erscheinen die *Pyramiden* bereits vollständig entwickelt und setzen sich schon für das freie Auge scharf von den übrigen Theilen ab (Fig. 56 p.). Bei mikroskopischer Untersuchung sind sie durch einen eigenthümlich durchflochtenen Verlauf ihrer Fasern (Vorkommen zahlreicher Schrägschnitte) und durch das Vorhandensein reichlicher Septa der Stützsubstanz ausgezeichnet.

Diese scharfe Trennung der Pyramiden von den übrigen Theilen des Querschnittes bleibt von hier bis zu dem durch die Grosshirnschenkel vermittelten Uebergang derselben in das Grosshirn bestehen. Manche Anatomen verleihen diesen Beziehungen der Pyramiden zum Grosshirnschenkel (Pedunculus — Grosshirnschenkelfuss) dadurch Ausdruck, dass sie die Pyramide und ihre Fortsetzung nach oben als Region der *Pedunculusbahn* bezeichnen, im Gegensatz zu der hinteren Abtheilung des verlängerten Markes und der Brücke, welche wegen ihrer Beziehungen zur Haube (Grosshirnschenkelhaube) den Namen *Haubenregion* erhält.

Dort, wo die beiden Pyramiden in der Medianlinie zusammenstossen, sieht man aus den hinteren Abschnitten des Querschnittes stammende Fasern nach vorne verlaufen und dann an der vorderen

Fig. 56.



Querschnitt durch das verlängerte Mark *vor Eröffnung des Centralkanales.* (5mal vergrössert.)

p. Pyramide. arc. Fibrae arcuatae externae. n. arc. Nuclei arciformes. XII. Hypoglossuskern. XI. Accessoriuskern. kk. Kern des Keilstranges. kk. äuss. Aeusserer Keilstrangkern. ks. Kleinhirnseitenstrangbahn. str. Strickkörper. sk. Seitenstrangkern. o. Unteres Ende der unteren Olive (inneren Nebenolive). sch. Schleifenkreuzung. fm. Formatio reticularis. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel.

Peripherie der Pyramiden als eine sehr dünne Schichte transversaler Fasern in lateraler Richtung verlaufen. Während diese *äusseren Bogenfasern* (Fibrae arcuatae s. arciformes externae — Fig. 56 arc.) die Pyramiden umziehen, gesellen sie sich, wie allgemein angenommen wird, zum Theile wenigstens in Längsrichtung umbiegend, diesen zu, und daher kömmt es wohl, dass schon innerhalb der jetzt zu beschreibenden Querschnittsreihe das Areale der Pyramiden etwas zunimmt.

Ein weiterer Theil dieser Bogenfasern zieht an der Peripherie des verlängerten Markes weiter nach hinten und überdeckt dabei inconstante Anhäufungen grauer Substanz mit multipolaren Ganglienzellen, die sich in den peripheren Theilen der Pyramiden vorfinden. Sie haben von

Henle den Namen Nuclei arciformes (n. arc.) erhalten und bilden wahrscheinlich eine Quelle neuen Faserzuwachses zu den Pyramiden.

An der hinteren Peripherie sind die Querschnitte dieser Reihe von der vertieften *Fissura mediana posterior* tief eingeschnitten: dieser Einschnitt erreicht den mittlerweile etwas nach hinten verlagerten, von der centralen grauen Substanz umgebenen Centralkanal.

In der eine nahezu kreisförmige Querschnittsfigur darstellenden, centralen, grauen Substanz findet sich nach vorne und aussen vom Centralkanal eine kleine Gruppe von grossen multipolaren Ganglienzellen, das untere Ende des Hypoglossuskernes (XII.); nach hinten und aussen davon liegt ein ähnlicher, etwas zellenreicherer Kern, die obere Fortsetzung des schon in der Höhe der Pyramidenkreuzung nachweisbaren Accessoriuskernes (XI.).

An manchen Präparaten gelingt es ferner, ein dem Accessoriuskern aufgelagertes Bündel dickerer Nervenfaserquerschnitte nachzuweisen (es fehlte an dem Präparate, nach welchem Fig. 56 gezeichnet wurde). Dieses Faserbündel steht, wie weiter unten gezeigt werden wird, zu dem Vagus in den gleichen Beziehungen, wie die aufsteigende Trigeminuswurzel zum Trigeminus, verdient daher den Namen einer *aufsteigenden Vaguswurzel* (*Krause's* Respirationsbündel, *Stilling's* solitäres Bündel).

An günstigen Objekten gelingt es, die dicken, markhaltigen Fasern dieser Wurzel noch weiter abwärts, bis in die Längsbündel zwischen den Processus reticulares im oberen Halsmark zu verfolgen. Ferner hat *Flechsig* nachgewiesen, dass dieses Bündel nahezu gleichzeitig mit der aufsteigenden Trigeminuswurzel seine Markumhüllung erhält, zu einer Zeit, wo in gleicher Höhe des verlängerten Markes nur die Keilstränge markhaltig erscheinen. Es verhält sich somit auch in entwicklungsgeschichtlicher Beziehung wie eine Nervenwurzel, etwa so, wie die aufsteigenden Accessoriusfasern im Halsmark.

Die durch den medialen Einschnitt völlig getrennten Hinterstränge weisen im Bereiche dieser Querschnittsreihe eine weitere, durch Vergrösserung ihrer Kerne bedingte Volumszunahme auf (äusserlich als Clava und Tuberculun cuneatum kenntlich).

Im lateralen Theil der Hinterstränge (Keilstrang) nimmt die von sehr zahlreichen kleineren Ganglienzellen durchsetzte graue Substanz als compacte Masse den vorderen Theil ein und erscheint wie von einer Haube weisser Substanz bedeckt, in welcher häufig noch ein kleinerer Kern eingelagert ist (*äusserer Keilstrangkern*, kk. äuss.).

Der mediale Theil der Hinterstränge (zarter Strang) ist durchaus von spindelförmigen Häufchen grauer Substanz durchsetzt, welche schön entwickelte, grosse Ganglienzellen enthält und von der Oberfläche nur durch eine ganz dünne Schichte weisser Substanz geschieden ist. Beide Kerne (kk. und kz.) stehen jetzt mit der centralen grauen Substanz

in breiter Verbindung. In ihnen finden sämmtliche aufsteigende Hinterstrangfasern ihr vorläufiges Ende; denn die nach querer Durchtrennung des Rückenmarkes entstandene secundäre, aufsteigende Hinterstranggeneration lässt sich niemals weiter als bis zu dieser Station verfolgen (am Menschen und am ausgewachsenen Thiere).

Nach aussen und vorne von den Keilsträngen liegt, bereits in den seitlichen Theilen der Querschnitte, die leicht kenntliche *aufsteigende Trigeminuswurzel* (at.), in Form eines nach innen concaven Halbmondes jene gelatinöse Substanz umschliessend, welche oben (Seite 201) als Fortsetzung des Kopfes des Hinterhornes bezeichnet wurde.

Vor der aufsteigenden Trigeminuswurzel lag in der Höhe der Pyramidenkreuzung das wohl kenntliche Feld der *Kleinhirnseitenstrangbahn*. Die dicken, markhältigen Fasern desselben sammeln sich jetzt an der Peripherie und ändern ihre Verlaufsrichtung, indem sie sich nach hinten wenden, und ein *Stratum zonale* von Fibrae arcuatae bildend, die aufsteigende Trigeminuswurzel bedecken. Damit ist die erste Anlage des *Strickkörpers* gegeben (ks. bis str.). Innerhalb des Feldes der Kleinhirnseitenstrangbahn, noch mehr aber medial davon, innerhalb der Seitenstrangreste, entwickelt sich in gleicher Höhe des verlängerten Markes eine zerstreute Formation von grauer Substanz mit zahlreichen grossen Ganglienzellen, die den Namen *Seitenstrangkern* führt (sk.).

Die durch ihr Kaliber leicht unterscheidbaren Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn treten in keinerlei Beziehung zu den Zellen dieses Kernes, sie gehen vielmehr sämmtlich ohne Interpolation von Ganglienzellen in den Strickkörper über. Der Nachweis dafür ist sowohl durch die entwicklungsgeschichtliche Methode als auch durch die Untersuchung der secundären aufsteigenden Degeneration zu erbringen. Letztere setzt sich, ohne an diesen Zellen Halt zu machen, in ein bestimmtes Querschnittsfeld des Strickkörpers fort.

Durchschneidet man jedoch nach der *Gudden'schen* Methode am neugebornen Kaninchen das Rückenmark im oberen Halstheil (halbseitig), dann findet man völligen Schwund der Zellen des Seitenstrangkernes und der in die Oblongata tretenden Fortsetzung der Seitenstrangreste. Die Fasern des letztgenannten Systemes scheinen demnach mit dem Seitenstrangkern Beziehungen zu haben.

Es erübrigt jetzt noch der centrale, von den bisher besprochenen Gebilden umschlossene Theil zur Beschreibung. Er wird in den obersten Querschnittsebenen des in Rede stehenden Oblongata-Abschnittes durch die in dieser Höhe bereits nachweisbaren Wurzelfasern des Accessorius-Vagus und des Hypoglossus, welche von ihren Kernen zu den Austrittsstellen verlaufen, in zwei Abtheilungen geschieden. (An Fig. 56 ist davon noch nichts zu sehen.) Die Wurzelfasern des Accessorius sieht man, an diesen Querschnitten wohl meist nur in kurzen Strecken ihres Verlaufes getroffen, vom zugehörigen Kerne zum vorderen Rande der Trigeminuswurzel ziehen; durch sie werden die *hinteren Felder der*

Oblongata (sensorisches Feld, *Meynert*), deren Inhalt uns bereits bekannt ist, abgetrennt (Fig. 57).

Die Wurzelfasern des Hypoglossus hingegen verfolgen, meist in längeren Strecken ihres Verlaufes sichtbar, einen Weg, welcher von ihrem Kern zum lateralen Rande der Pyramiden führt (Fig. 57). Durch sie wird beiderseits ein medial gelegenes Feld abgegrenzt (dessen Trennung in eine rechte und linke Hälfte erst im nächsthöheren Abschnitte des verl. Markes erfolgt) und ein laterales, welches hinten von den Accessoriusfasern begrenzt wird — *mittlere und seitliche Felder der Oblongata* (motorische Felder nach *Meynert*). Das *mittlere Feld der Oblongata* enthält auch dort schon, wo es von dem seitlichen noch nicht scharf geschieden ist, wie auf Fig. 56, eine Faserungsfigur, die anscheinend eine Wiederholung der Pyramidenkreuzung darstellt. Sie wurde auch von *Meynert* irriger Weise in diesem Sinne gedeutet und *obere oder sensible Pyramidenkreuzung* genannt. *Flechsig* hat jedoch die Unhaltbarkeit dieser Anschauung nachgewiesen.

Es handelt sich um Züge markhaltiger Fasern, welche in dem Kerne des zarten Stranges (vielleicht auch in benachbarten Theilen) entstehen und, die centrale graue Substanz in schön geschwungenen Bogen umkreisend, steil nach vorne ziehen, wo sie in der Nähe der Pyramiden angelangt, spitzwinklig mit den gleichen Faserzügen der anderen Seite sich kreuzen. Dann schlingen sie sich um eine unregelmässig geformte Anhäufung grauer Substanz, welche das untere Ende der Olive darstellt, herum (o.), und scheinen sich den Pyramiden zuzugesellen. Doch findet, wie *Flechsig* nachgewiesen hat, hier nur eine theilweise Vermischung der Fasern beider Formationen statt. Das Verbleiben dieser Fasern in den Pyramiden ist kein definitives, sie werden weiter oben vielmehr Bestandtheile einer eigenen, hinter den Pyramiden gelegenen Formation, welche *Schleife* oder *Schleifenschichte* heisst. Die sog. obere Pyramidenkreuzung hat demnach den passenderen Namen *Schleifenkreuzung* (sch.) oder Kreuzung der Schleifenschichten erhalten (*Wernicke*).

Der Nachweis dieses Verhaltens lässt sich bei der Untersuchung der Oblongata von Embryonen bestimmten Alters mit voller Sicherheit führen, weil die Fasern der Schleifenkreuzung und der Schleife viel früher ihre Markscheiden erhalten als die Pyramidenfasern. Auch die pathologisch-anatomische Methode gibt den gleichen Aufschluss, denn bei secundärer Degeneration der Pyramiden in Folge von Gehirnläsionen bleibt die Schleifenkreuzung intakt, bei angeborenem vollständigem Mangel der Pyramiden (*Flechsig*) ist sie in normaler Entwicklung vorhanden. Bei primärer Erkrankung der Pyramidenbahnen (amyotrophische Lateralsklerose) lässt sich gleichfalls ein völliges Freibleiben der diesen beigemischten Fasern der Schleifenkreuzung nachweisen (*Debove* und *Gombault*).

In den *seitlichen Feldern der Oblongata*, welche in oberen Querschnittsebenen in der beschriebenen Weise abgegrenzt sind, in unteren

Querschnittsebenen zwischen der Schleifenkreuzung und der aufsteigenden Trigeminuswurzel liegen, sieht man einzelne Bogenfasern als Kreisabschnitte den Fasern der Schleifenkreuzung parallel verlaufen. Sie werden uns später beschäftigen. Ausserdem findet man noch zahlreiche Längsfaserbündel und ein ausgebreitetes Netzwerk grauer Substanz — als Fortsetzung der Processus reticulares. Diese eigenthümliche, aus Häufchen grauer Substanz mit Ganglienzellen und aus longitudinal sowie transversal verlaufenden Fasern zusammengesetzte Formation breitet sich in höheren Oblongata-Abschnitten noch über andere Theile des Querschnittes aus und führt den Namen *Formatio reticularis.*

Uebersicht des Faserverlaufes in dem geschlossenen Theile des verlängerten Markes.

1. Die Pyramidenvorderstrang- und Seitenstrangbahnen, letztere mit Hülfe der Pyramidenkreuzung, bilden die an Stelle der Vorderstränge tretenden Pyramiden. Die Vorderstrangreste werden nach hinten in das mittlere Feld der Oblongata verschoben.

2. Die Kleinhirnseitenstrangbahnen werden zur ersten Anlage des Strickkörpers.

3. Das aufsteigende Fasersystem der Hinterstränge endigt in den Kernen des zarten und Keil-Stranges.

4. Aus den Kernen des zarten Stranges entwickelt sich, als weiteres Glied eines der in den Hintersträngen enthaltenen Leitungssysteme, die Schleifenkreuzung, deren Fasern in das Gebiet der Vorderstrangreste gelangen und zur gekreuzten Schleifenschichte sich begeben.

5. Die Seitenstrangreste nehmen zur Gänze den Charakter einer Formatio reticularis an, ihre Fasern treten mit den Ganglienzellen derselben und mit Zellen des Seitenstrangkernes in Verbindung.

Offener Theil des verlängerten Markes.

1) Querschnittsreihe in der Höhe des unteren Drittels der Oliven.

Hier findet die vollständige Eröffnung des Centralkanales statt, welcher, nach hinten verlagert und spaltförmig geworden, schliesslich mit dem vertieften hinteren Längsspalt zusammenfliesst. Sobald der Centralkanal geöffnet ist, breitet sich das centrale Ependym über den sich jetzt entwickelnden Boden der Rautengrube aus, welcher übrigens an den unteren Querschnitten dieser Reihe noch die Gestalt eines tief eingesenkten Spaltes behält.

Der laterale Contour der Querschnitte (Fig. 57) wird durch die von der Einlagerung der Olive herstammende Vorwölbung und durch die Erhebung des Strickkörpers allmälig derart verändert, dass sich schliesslich jederseits drei Vorwölbungen unterscheiden lassen, vom Sulcus anterior an aufgezählt: die Pyramide, der Olivenvorsprung und der Strickkörper.

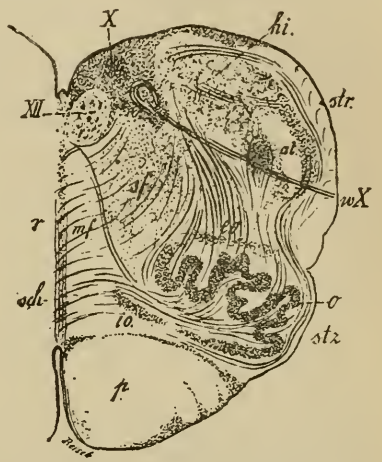
Am Grunde der winkeligen Einsenkung des grauen Bodens findet sich der *Kern des Hypoglossus* (XII.) als eine scharf umschriebene Gruppe von grossen und vieleckigen Ganglienzellen.

Die aus diesem Kerne austretenden Wurzelfasern verlaufen in mehreren parallelen Zügen nach vorne und etwas nach aussen gegen die Pyramide und wenden sich erst in der Nähe der letzteren bogenförmig nach aussen zu der Austrittsstelle des Hypoglossus. Dabei durchsetzen sie Theile der hier bereits entwickelten Olive (Fig. 57).

Das durch die beiderseitigen Hypoglossuswurzeln abgegrenzte *mittlere Feld der Oblongata* hat jetzt auch den Charakter einer *Formatio reticularis* angenommen, doch ist in ihm die graue Substanz viel spärlicher vertreten (daher Form. ret. alba genannt, im Gegensatze zu der an grauer Substanz reicheren Form. ret. grisea der seitlichen Felder).

In diesem mittleren Felde sind die Fasern der Schleifenkreuzung verschwunden; an ihre Stelle ist eine mediale, aus feinen markhaltigen Fasern und kleinen Häufchen grauer Substanz bestehende, vom vorderen Längsspalt bis zum grauen Boden reichende Scheidewand der beiden Hälften des mittleren Feldes — die *Raphe* — getreten (r.). Die Fasern der Raphe verlaufen zum grossen Theile horizontal von vorne nach hinten, kreuzen sich dabei spitzwinklig und werden, sobald sie an dem vorderen Längsspalt angelangt sind, zu den Fibrae arcuatae externae der Pyramiden. Ausserdem kreuzen sich unter minder spitzigen Winkeln zahlreiche innere Bogenfasern (Fibrae arcuatae internae) der Form. reticularis in der Raphe.

Fig. 57.



Querschnitt durch das verlängerte Mark in der *Höhe des unteren Drittels der Oliven.* (4mal vergr.)

p. Pyramide. o. Untere oder grosse Olive. io. Innere Nebenolive. eo. Aeussere Nebenolive. XII. Hypoglossuskern und Wurzel. r. Raphe. X. Vaguskern, lateral von diesem die aufsteigende Vaguswurzel. wX. Vaguswurzel. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel. mf. Mittleres Feld der Formatio reticularis. sf. Seitliches Feld der Formatio reticularis. stz. Stratum zonale. str. Strickkörper. sch. Schleifenschicht (Olivenzwischenschicht). hi. Hinterstranganlage.

Der zwischen den inneren Nebenoliven liegende Theil des mittleren Feldes ist die *Schleifenschicht* (sch.); von *Flechsig* wird sie hier *Olivenzwischenschicht* benannt. Sie wird, ebenso wie die hinteren Theile des mittleren Feldes, von zahlreichen Faserquerschnitten ausgefüllt, welche Längsfaserzügen angehören, deren Bedeutung nur zum Theil festgestellt ist. Nach *Flechsig* finden sich hier ausser den Fasern der Schleifen-

kreuzung noch Faserzüge, welche als (mittelbare) Fortsetzungen der Leitungssysteme in den Hintersträngen und in den Seitenstrangresten (vgl. S. 189) zu betrachten sind.

Nach hinten und aussen vom Hypoglossuskern liegt im grauen Boden die obere Fortsetzung des Accessoriuskernes, welche hier bereits dem *Vaguskern* (X.) angehört (hinterer Vaguskern).

Dieser besteht aus einer Anhäufung kleinerer, spindelförmiger, bei älteren Individuen stark pigmentirter Ganglienzellen. Medial sowohl als lateral von dieser Zellengruppe finden sich immer zerstreute Zellen vor, die dem Kerne zuzurechnen sind. Lateral schliesst sich ihm die in dieser Querschnittsreihe bedeutend grössere und besser umschriebene *aufsteigende Vaguswurzel* an. Sie ist am Chromsalzpräparat bereits makroskopisch als kreisförmiger, dunkler Fleck kenntlich.

Die aufsteigende Vaguswurzel führt auch den Namen „aufsteigende Wurzel des seitlichen gemischten Systemes“ (*Meynert*), weil die in continuirlichem Zusammenhange stehende Zellensäule des Accessorius-Vagus-Glossopharyngeus insoferne Theil eines gemischten Systemes ist, als sich den betreffenden Wurzeln auch Bündel aus einem vorderen, motorischen Kern zugesellen. Die aufsteigende Vaguswurzel bildet einen dritten Bestandtheil der Wurzelbündel dieses seitlichen gemischten Systemes.

Bei Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen kann man wahrnehmen, dass sich die aufsteigende Vaguswurzel stetig durch unter spiraliger Aufwickelung hinzutretende Bogenfasern aus dem seitlichen Felde der Form. reticularis verstärkt. Aehnliche aus der Raphe stammende Bogenfasern lassen sich auch in den Hypoglossus- und Vaguskern verfolgen; sie stellen wohl sämmtlich obere (cerebralwärts gelegene) Glieder der Leitungssysteme dar, denen die betreffenden Nervenwurzeln angehören.

Aus dem Kerne sowohl als aus der aufsteigenden Wurzel entwickelt sich die nach vorne und aussen ziehende *Vaguswurzel* (wX.). Sie durchsetzt die aufsteigende Trigeminuswurzel in ihrem vorderen Theile und tritt dann zwischen Olivenvorsprung und Strickkörper hervor. Durch sie wird das *seitliche Feld der Formatio reticularis* nach hinten scharf begrenzt.

Im vorderen Abschnitt dieses seitlichen Feldes findet sich der in dieser Reihe von unten nach oben an Grösse zunehmende Querschnitt der *unteren oder grossen Olive* (o.).

Dieses der Oblongata eingelagerte Gebilde besteht aus einem Blatte grauer Substanz, welches in der Richtung der Längsaxe des Organes vielfach in kleine Falten gelegt (gekräuselt) erscheint, ausserdem aber so zusammengelegt ist, dass es zwei *Lamellen* bildet, eine äussere und zugleich hintere und eine innere zugleich vordere. Die nach innen sehenden freien Ränder der Lamellen stossen nur am unteren und am oberen Ende der Olive zusammen, so dass der Querschnitt der

Oliven an diesen Stellen eine geschlossene Figur darstellt; grössten Theiles aber berühren sich die beiden Lamellen nicht, sondern bilden durch ihr Auseinanderweichen den *Hilus* der Olive. Durch diesen treten zahlreiche markhaltige Fasern in den Binnenraum der Olive und bilden dort das *Mark der Olive*. Zu diesem Marke treten ausserdem noch zahlreiche Faserzüge, welche das Blatt grauer Substanz selbst durchbrechen und ihm ein charakteristisches gestreiftes Aussehen verleihen.

Das Olivenblatt selbst besteht aus einer fein granulirten, gelatinösen Substanz, in welche zahlreiche, stark gelb pigmentirte, stumpfeckig gestaltete Ganglienzellen kleinerer Dimension eingelagert sind. Sie hängen, wie Birnen an Stielen, (*Wernicke*) an den Fasern des allseitig herantretenden Markes. Von den in die Concavität der Fältchen eintretenden und dort pinselförmig ausstrahlenden Fasern des Olivenmarkes lässt sich aussagen, dass sie in den Axencylinderfortsatz der zumeist oberflächlich gelegenen Ganglienzellen übergehen.

Die beiden freien Enden der Olivenblätter besitzen kleine dem Wesen nach übereinstimmende Anhängsel; die äussere, hintere Lamelle (erst in den oberen Querschnitten dieser Reihe deutlich) in Gestalt eines direkt lateralwärts umgebogenen Blättchens grauer Substanz — *äussere Nebenolive* (eo.), die innere, vordere, in der jetzt besprochenen Querschnittsreihe noch sehr kurze Lamelle, in Gestalt eines direkt medial gerichteten Blättchens grauer Substanz, welches jedoch immer ausser Continuität mit der Olive selbst steht — *innere Nebenolive* (io.).

Die innere Nebenolive (auch Pyramidenkern genannt) ist schon in den tiefsten Querschnittsebenen mit dem Beginn der Olive nachweisbar und immer daran leicht kenntlich, dass sie durch die Hypoglossuswurzelbündel von der Olive getrennt wird und somit im mittleren Felde der Formatio reticularis liegt.

Keinem dieser beiden Adnexe der Olive kömmt eine selbständige Bedeutung zu.

Aeusserlich ist die Olive mit einem, nach oben zu an Mächtigkeit gewinnenden *Stratum zonale* von äusseren Bogenfasern bekleidet, welche sich an der Oberfläche der beiden Lamellen zu entwickeln scheinen. Sie ziehen, nachdem sie die Olive umkreist haben, zu dem im Vergleich zur letzten Querschnittsreihe ansehnlich vergrösserten *Strickkörper*, der jetzt die laterale Hälfte des hinteren Oblongatafeldes völlig deckt. Ob diese durch ihr gleichmässig feines Kaliber ausgezeichneten Fasern aus der gleichseitigen Olive entspringen, oder dieselbe bloss durchsetzen und aus den Bogenfasern der Formatio reticularis stammen, oder ob sie endlich aus dem Hilus der gekreuzten Olive und über die Medianlinie zu dem genannten Stratum zonale verlaufen, ist durch die Betrachtung von Querschnitten des ausgebildeten und auch des embryonalen verlängerten Markes nicht zu entscheiden.

Durch pathologisch-anatomische und experimentell-anatomische Befunde aber wird das letztgenannte Verhalten, d. i. die *gekreuzte Verbindung der Olive* mit dem Strickkörper und durch Vermittlung dieses *mit dem Kleinhirn*, ziemlich sicher erwiesen. Bei Atrophie der einen Kleinhirnhemisphäre nemlich ist, wie *Meynert* hervorgehoben hat, die gleichnamige Olive intakt, die Olive der entgegengesetzten Seite atrophisch; und auch bei experimenteller Abtragung der einen

Kleinhirnhemisphäre am neugeborenen Versuchsthiere konnte *Gudden* eine Atrophie der gekreuzten Olive nachweisen.

Auf ihrem Wege nach dem Strickkörper weichen die Olivenfasern den noch in den unteren Querschnitten dieser Reihe vorfindlichen Resten des *Seitenstrangkernes* nach innen aus; dieser kommt mit der noch nicht völlig in den Strickkörper abgelenkten *Kleinhirnseitenstrangbahn lateral* von ihnen zu liegen, *medial* von ihnen liegt die *aufsteigende Trigeminuswurzel*, welche hier wie früher durch ihr halbmondförmig gestaltetes Markfeld und die allerdings etwas verkleinerte gelatinöse Substanz kenntlich ist.

In den Olivenfasern ist uns ein zweiter wesentlicher Bestandtheil des Strickkörpers bekannt geworden. Da sie, ebenso wie die Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn, nur successive in den Strickkörper ablenken, so besteht dieser in sämmtlichen Querschnitten der Reihe nahezu nur aus Schrägschnitten von Faserbündeln.

Es bleiben nun noch die Pyramiden und die Fortsetzungen der Hinterstränge zu besprechen.

Was die *Pyramiden* betrifft, so zeigen dieselben die gleiche Beschaffenheit wie vorher, nur ist die Zahl der in ihnen vorhandenen Schrägschnitte eine viel geringere. Sie haben noch etwas an Grösse gewonnen.

Das Feld hingegen, welches in der vorigen Querschnittsreihe die beiden *Hinterstrangabtheilungen* enthielt, ist hier bedeutend verkleinert und ausserdem sind die beiden Kerne zu einem gemeinschaftlichen, vielfach von weisser Substanz durchbrochenen Lager grauer Substanz zusammengeschmolzen, welches nach *Wernicke* den Namen *Hinterstranganlage* erhält. Die Verkleinerung scheint vornehmlich auf Kosten des zarten Stranges stattgefunden zu haben. (Abgang der Schleifenkreuzung.)

Aus dem Felde der Hinterstranganlage nimmt ein an den Querschnitten sofort in die Augen springendes System von *Bogenfasern* seinen Ursprung, welches eine *Verbindung der Hinterstranganlage mit der gleichseitigen Olive und mit dem mittleren Felde der Formatio reticularis* darstellt.

Diese Anschauung lässt sich aus dem Studium der Querschnitte leicht gewinnen, steht aber, wie nicht verschwiegen werden möge, im Widerspruch mit den Resultaten einer experimentell-anatomischen Untersuchung *Monakow's*, welcher nach Durchschneidung einer Hälfte des oberen Halsmarkes bei neugeborenen Kaninchen nur eine geringe Atrophie der gekreuzten Olive wahrnahm, während die ungekreuzte anscheinend unversehrt war.

Es sind durchwegs sehr breite markhaltige Fasern (daher leicht von den benachbarten feinen Fasern zu unterscheiden, die von den Oliven zum Strickkörper ziehen) (Fig. 57), welche in schön geschwungenen Bogen gegen die hintere Lamelle der Olive ziehen und diese durchbrechend Bestandtheile des *Olivenmarkes* werden.

Ein Theil dieser Fasern aber verläuft hinter den Oliven vorbei nach innen, tritt in das mittlere Feld und wird, nachdem er die Medianlinie (Raphe) gekreuzt hat, Bestandtheil der *Schleifenschicht*.

Diese Bogenfasern durchziehen dabei die hintere Abtheilung des seitlichen Feldes und bilden mit den Olivenfasern zum Strickkörper den Hauptbestandtheil desselben.

Ob und welche Faserantheile dabei in den überall in der Formatio reticularis zerstreuten Ganglienzellen ihr vorläufiges Ende finden, ist noch nicht bekannt, ebensowenig woher alle die zahlreichen aufsteigenden Längsbündel der Formatio reticularis und der Schleifenschicht stammen. Für letztere haben wir bereits zwei Quellen kennen gelernt (Schleifenkreuzung und Hinterstranganlage), eine dritte dürfte, nach Befunden bei secundärer Degeneration, die gleichseitige Olive sein, eine vierte die Ganglienzellen der Form. reticul. (Vergl. S. 210.)

In der *Hinterstranganlage* selbst finden sich Häufchen grauer Substanz eingestreut und Gruppen grosser, runder, bläschenförmiger Ganglienzellen mit schön entwickelten Fortsätzen. Nach *Wernicke* hängt ein auffallend starker Fortsatz mit den Bogenfasern, ein zweiter an Sagittalschnitten sichtbarer mit Hinterstrangfasern zusammen.

Die Bogenfasern sind übrigens nicht die einzigen aus der Hinterstranganlage austretenden Bahnen, an günstigen Schnitten (Säurefuchsinpräparaten wie Fig. 57) sieht man *Faserbündel* lateral ziehen und direkt *in den Strickkörper* eintreten.

2) Querschnittsreihe in der Höhe des mittleren Drittels der Oliven.

Die Querschnitte dieser Reihe haben im Vergleiche zu den vorangehenden beträchtlich an Umfang gewonnen und auch ihr Contour erscheint etwas geändert, einerseits durch die Verbreiterung und Verflachung des grauen Bodens, andererseits durch die Grössenzunahme der Oliven und Strickkörper, wodurch die betreffenden Vorwölbungen noch ausgeprägter werden.

Die *Pyramiden* sind etwas von vorne nach hinten zusammengedrückt, aber breiter, so dass sie eher an Umfang gewonnen als verloren haben.

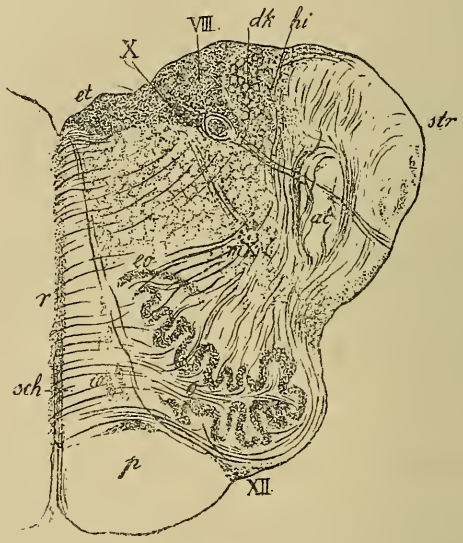
Durch die Verbreiterung des grauen Bodens ist Raum gewonnen für die Einlagerung neuer Kerne nach aussen vom Vaguskern, zwischen diesen und die langsam sich erschöpfende Hinterstranganlage; es sind der Acusticuskern und der *Deiters'sche* Kern. Sonst hat das Querschnittsbild keine wesentlichen Veränderungen erfahren.

Der graue Boden als Ganzes zeigt an den unteren Querschnitten dieser Reihe undeutlich, an den oberen deutlich eine mittlere und zwei seitliche Erhebungen. Die mittlere entspricht dem oberen Ende des

Hypoglossuskernes (Funiculus teres), der bald völlig verschwindet. An den nächst höheren Querschnitten sieht man jedoch noch immer Hypoglossuswurzelfasern aus dieser Stelle des grauen Bodens austreten, woraus zu erschliessen ist, dass sie hier einen nach oben convexen Bogen beschreiben (Fig. 58 XII.).

Die erste seitliche Erhebung entspricht der Eminentia teres, deren grauer Boden nur zerstreute, kleine, spindelförmige Ganglienzellen enthält. Aus dieser Zellengruppe entwickeln sich Wurzelfasern, welche

Fig. 58.



Querschnitt durch das verlängerte Mark *in der Höhe des mittleren Drittels der Oliven.* ($3\frac{1}{2}$mal vergrössert)

p. Pyramide. o. io. eo. wie vorher. str. Strickkörper. XII. Hypoglossuswurzel. r. Raphe. et. Eminentia teres. X. Vaguskern und aufsteigende Vaguswurzel. mX. Vorderer Vaguskern. VIII. Innerer Acusticuskern. dk. *Deiters'scher* Kern. hi. Rest der Hinterstranganlage. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel. sch. Schleifenschicht.

nach vorne und aussen verlaufend, zur Vaguswurzel treten. Sie werden dem Glossopharyngeus zugerechnet (in Fig. 58 fehlen sie).

Der *Vaguskern* (X.) liegt wie früher lateral vom Hypoglossuskern und zeigt wieder eine mittlere stärkere Zellenanhäufung; lateral und etwas nach vorne von dieser fällt die schön entwickelte aufsteigende Vaguswurzel in's Auge, deren Beziehungen zu den Fibrae arcuatae sehr deutlich hervortreten. Die in dieser Wurzel aufsteigenden Fasern fangen an, sich der Vaguswurzel anzuschliessen. (Ueber einen weiteren Vagusursprung aus dem seitlichen Felde der Form. reticul. siehe S. 216.) Gegen das obere Ende dieser Querschnittsreihe nimmt der Vaguskern rasch an Umfang ab und wird schliesslich auf eine kleine rundliche

Zellenanhäufung reducirt, welche sich in die Tiefe des grauen Bodens senkt, verdrängt durch den inzwischen von bescheidenen Anfängen gross entwickelten *Acusticuskern* (VIII.). Aeusserlich am grauen Boden ist dieses Verhalten als oberes Ende der Ala cinerea ausgeprägt.

Dieser sog. *innere Kern des Acusticus* im grauen Boden tritt als ein Feld grauer Substanz lateral vom Vaguskern auf, welches reichlich Nervenfasern und sehr zerstreute, kleine, vieleckige und schlanke, spindelförmige Ganglienzellen enthält; es nimmt von unten nach oben, wie schon gesagt, auf Kosten des Vaguskernes an Grösse zu. Von Acusticuswurzelfasern ist hier noch nichts zu sehen.

Lateral vom inneren Acusticuskern liegt ein Feld, das von einer eigenthümlichen, leicht kenntlichen (namentlich an Säurefuchsinpräparaten sehr schön demonstrirbaren) Formation eingenommen wird — *Bündelformation des Deiters'schen Kernes* (in Rücksicht auf den vermutheten Zusammenhang mit dem Acusticus auch als *äusserer Acusticuskern* bezeichnet). (Fig. 58 dk.)

In dieser Querschnittsreihe enthält das genannte Feld bündelweise angeordnete Nervenfaserquerschnitte, dazwischen graue Substanz mit kleinen Ganglienzellen, in höhern Querschnittsebenen grosse Ganglienzellen, die von manchen Autoren als Acusticuskern aufgefasst werden (siehe unten S. 219).

Von unten nach oben wächst es dann rasch auf Kosten der Hinterstranganlage, welche schliesslich völlig verschwindet und so wird der *Deiters'sche* Kern dem Strickkörper benachbart und zur *inneren Abtheilung des Kleinhirnstieles.* Denselben Namen führt bei manchen Autoren auch schon die Hinterstranganlage.

Nach *Flechsig* erhalten die Faserbündel dieser Formation sehr frühzeitig ihre Markscheiden; er ist daher geneigt, ihnen die Bedeutung von Wurzelfasern (Acusticus?) zu vindiciren.

An manchen Querschnitten sieht man sehr deutlich Faserbündel aus dem Strickkörper in den *Deiters'schen* Kern ziehen. Nach *Monakow* sollen dies dieselben Fasern sein, welche weiter unten aus der Hinterstranganlage und dem Keilstrang direkt in den Strickkörper abgebogen sind (S. 213); sie bilden (bei Kaninchen) das innerste Feld des eigentlichen Strickkörpers.

Der *Strickkörper* (str.) gewinnt in dieser Querschnittsreihe sehr bedeutend an Volumen, einerseits durch Einlagerung grauer Substanz, andererseits durch den fortwährenden und immer mächtiger werdenden Faserzuwachs aus dem Stratum zonale der Olive und aus den Bogenfasern der Formatio reticularis.

Die Fasern des *Stratum zonale* treten zum Theil aus der von ihm bedeckten Olive, zum Theil aber auch aus dem Hilus der gekreuzten Olive aus, passiren die Raphe und gesellen sich, die gleichseitige Olive

umgreifend, den ersteren zu. Durch diese Fibrae arcuatae wird die hintere Begrenzung der Pyramide eine sehr scharfe.

Die zum Strickkörper ziehenden *Bogenfasern der Formatio reticularis* ihrerseits umkreisen zum Theil die aufsteigende Trigeminuswurzel von vorne, zum Theil laufen sie medial an ihr vorbei und gelangen in die innere Abtheilung des Strickkörpers (Fig. 58). Sämmtliche von den Oliven zum Strickkörper verlaufenden Fasern zeichnen sich durch ihr feines Faserkaliber aus. Sie heissen bei manchen Autoren Stiele der Oliven.

Mit ihnen sind sämmtliche den Strickkörper constituirende Faserzüge genannt, und es wäre nur noch die Lagerung der einzelnen Faserkategorien im Querschnitt des Strickkörpers zu erwähnen. Diese ist nach *Flechsig's* Befunden und nach den Befunden bei secundärer Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahn derart, dass die aus den Oliven und der Formatio reticularis stammenden Fasern einen Mantel bilden, der die Kleinhirnseitenstrangbahn von aussen und hinten umhüllt.

An sämmtlichen Querschnitten dieser Reihe sind die Hypoglossus- und Vaguswurzelbündel sehr schön nachweisbar, zumeist in der ganzen Länge ihres Verlaufes getroffen. Die Abgrenzung der mittleren und seitlichen Felder der Formatio reticularis ist desshalb eine sehr scharfe.

Im *mittleren Felde*, dessen Raphe sehr breit erscheint, fallen zahlreiche Querschnitte dicker Fasern und die reichlichen Bogenfasern auf. Letztere kreuzen sich in der Raphe und zwar wenigstens in der *Schleifenschicht* (sch.) unter sehr spitzen Winkeln. Die hintersten, dem grauen Boden benachbarten Bogenfasern scheinen zu den Nervenkernen zu verlaufen (cerebrales Glied der Leitungssysteme) und übergehen wahrscheinlich in die in der Raphe nach vorne verlaufenden Fasern (Fibrae rectae).

Die *Vaguswurzel* durchsetzt die aufsteigende Trigeminuswurzel und tritt am vorderen Rande des Strickkörpers zu Tage. Ausser ihren schon genannten Ursprungsorten (Emin. teres, Vaguskern, aufsteigende Wurzel) tritt in diesen Querschnittsebenen noch ein weiterer hervor, der in dem *seitlichen Felde der Formatio reticularis* gelegen ist.

Es ist der *vordere oder motorische Vaguskern*, welcher dort, wo er sich zu entwickeln beginnt, knapp einwärts von dem vorderen Ende der aufsteigenden Trigeminuswurzel liegt, weiter oben von ihr durch die Bogenfasern, welche zum Strickkörper ziehen, getrennt ist (Fig. 58 mX.).

Er besteht aus grossen, vielstrahligen Ganglienzellen, welche nur zum Theil als kleine Gruppen in grauer Substanz, zumeist zerstreut in der Form. reticul. liegen und den Wurzelfasern entlang gestellt sind. Die aus dem Kerne entspringenden Wurzelfasern werden immer nur in einzelnen Exemplaren und in kurzen Strecken ihres Verlaufes sichtbar; sie haben einen nach einwärts und hinten gerichteten, etwas aufsteigenden Verlauf, biegen dann, sobald sie in die Nähe des eigentlichen, hinteren

Vaguskernes gelangen, spitzwinklig nach aussen um und schliessen sich der Vaguswurzel an. Die motorische Natur dieses Kernes wird aus seiner Lage, die analog jener des Facialiskernes ist, erschlossen.

Von den übrigen Bestandtheilen des seitlichen Feldes der Formatio reticularis wären, neben den feinen Bogenfasern der Olivenstiele, nur nochmals die dicken, aus der Hinterstranganlage pinselförmig nach der Olive ausstrahlenden Fasern (übrigens nur in den unteren Querschnitten dieser Reihe noch vorhanden) zu erwähnen.

3) Querschnittsreihe in der Höhe des oberen Drittels der Oliven.

Im Bereiche dieser Querschnittsreihe ist der graue Boden von den Striae acusticae bedeckt. Der Contour der Schnitte wird in den unteren Querschnittsebenen durch das successive Heraustreten der Strickkörper, welche eine ovale, der Oblongata aufgesetzte Querschnittsfigur zeigen, verändert. Weiter oben sind die Corpora restiformia bereits in das Kleinhirn eingetreten, woraus sich für die nach Abtrennung des Kleinhirnes hergestellten Schnitte ein seitlicher flügelförmiger Ansatz ergibt. Der graue Boden geht mit einer sanften Wölbung in den hinteren Rand der Strickkörper über; der vordere Rand dieser letzteren setzt sich hingegen rechtwinklig von dem Olivenvorsprung ab. In diesem Winkel liegt in den obersten Querschnittsebenen die Flocke des Kleinhirns.

Die *Pyramiden* sind noch stärker platt gedrückt als vorher und durch Bogenfasern scharf von der Formatio reticularis abgesetzt.

Der durch die Striae acusticae von dem Ependym getrennte graue Boden wird in seiner ganzen Breite von dem *inneren Acusticuskern* (VIII.) eingenommen. Aus dessen, mit kleinen, ungleichförmig gestalteten Ganglienzellen dünn durchsätem Lager entspringen die lateral ziehenden Faserbündel der Striae, in welche noch zahlreiche lang gestreckte Ganglienzellen eingelagert sind.

In der grauen Substanz, unmittelbar neben der vom Sulcus longitudinalis gebildeten medialen Einsenkung, liegt eine dichtere Gruppe grösserer, spindelförmiger Ganglienzellen — der *mediale Kern* (mk.) — von bisher nicht festgestellter Bedeutung.

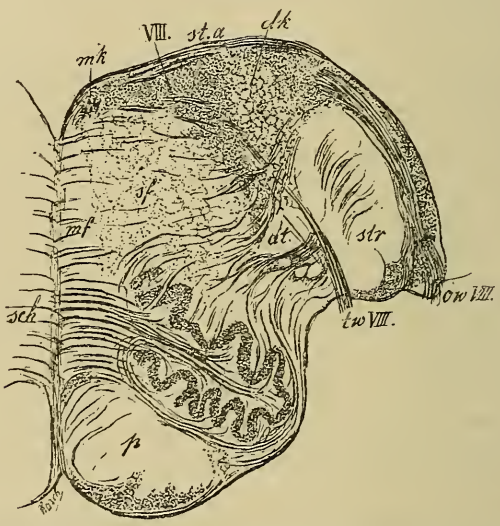
Lateral steht die graue Substanz des Ventrikelbodens in ununterbrochenem Zusammenhang mit einer den Strickkörper nach und nach überziehenden grauen Schichte, welche nach oben zu in die Rinde des Kleinhirnes übergeht (es ist dies der erste Beginn der Einsenkung des Strickkörpers in das Kleinhirn). Zwischen dieser und der eigentlichen Masse des Strickkörpers verläuft ein dicker, compacter Faserzug in querer Richtung, welcher, wie ein Vergleich auf einander folgender Schnitte

lehrt, nichts anderes ist, als die Fortsetzung der Striae acusticae, und demnach eine *oberflächliche Wurzel des Acusticus* (ow. VIII.) darstellt.

In der diese Acusticuswurzel überlagernden grauen Substanz finden sich zahlreiche Ganglienzellen, welche gleichfalls Acusticusfasern zum Ursprunge dienen. Dort, wo sie eine Gruppe bilden, führen sie den Namen eines oberflächlichen Acusticus-Kernes.

Querschnitte aus Ebenen, wo der Strickkörper bereits in das Kleinhirn eingetreten ist, lassen diese den Strickkörper *lateral* umgreifende, oberflächliche Acusticuswurzel nicht mehr wahrnehmen; dafür aber wird ein noch viel dickerer Faserzug sichtbar, welcher in der

Fig. 59.



Querschnitt durch das verlängerte Mark *in der Höhe des oberen Drittels der Oliven.* ($3^1/_2$ mal vergrössert.)
p. Pyramide. str. Strickkörper. VIII. Acusticuskern (innerer). mk. Medialer Kern. st.a. Striae acusticae. ow.VIII. Oberflächliche Acusticuswurzel. tw. VIII. Tiefe Acusticuswurzel. dk. *Deiters'scher* Kern. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel. mf. Mittleres Feld der Formatio reticularis. sf. Seitliches Feld derselben. sch. Schleifenschicht.

Substanz der Oblongata verlaufend, den Strickkörper *medial* umzieht und, nach seinem Austritte mit dem früheren vereinigt, den Stamm des Acusticus bildet.

Diese *tiefe Wurzel des Acusticus* (tw. VIII.), welche an Fig. 59 nur in ihren ersten Anfängen (an Fig. 61 A. grösser) zu sehen ist, setzt sich zum Theil aus Fasern zusammen, die dem inneren Acusticuskern entstammen (Fig. XVI), zum grossen Theile aber auch aus Fasern, die aus der Bündelformation des *Deiters'schen* Kernes kommen (*Duval, Wernicke*).

Duval schreibt dieses Ursprunges wegen der tiefen Acusticuswurzel eine andere Funktion zu als der oberflächlichen und hält sie für die Innervation der häutigen Bogengänge des Labyrinthes bestimmt (nerf de l'espace).

Nach hinten und aussen von der tiefen Acusticuswurzel, zwischen ihr und dem centralen Marke des Kleinhirns (Brückenarmfaserung) findet sich ein Feld grauer Substanz mit zahlreichen, kleinen Ganglienzellen — der *vordere Acusticuskern*. Dieser wird von *Huguenin* als Ursprungsort des n. interm. Wrisbergii bezeichnet. *Duval* hingegen lässt diesen Nerven aus den obersten Fasern des Glossopharyngeus (medialer Kern? *Meynert*) entstehen.

Der *Deiters'sche Kern* (dk.), welcher wie vorher zwischen dem inneren Acusticuskern und dem Strickkörper liegt und jetzt von grauer Substanz äusserlich bedeckt erscheint, zeigt zahlreiche, sehr grosse multipolare Ganglienzellen — (der *eigentliche Deiters'sche Kern*).

Nach *v. Gudden* geht dieser Kern nach Exstirpation der gleichseitigen Kleinhirnhemisphäre am neugebornen Thier zu Grunde und nach *Monakow* erleidet er bei Durchschneidung des oberen Halsmarkes das gleiche Schicksal. Da aber in letzterem Falle die Acusticuswurzel nicht gleichfalls atrophirt, so ist es wahrscheinlich, dass die Zellen des eigentlichen *Deiters'schen* Kernes nichts mit dem Hörnerven zu thun haben. Dagegen sind wohl die kleineren Ganglienzellen dieser Formation den Acusticuskernen zuzuzählen (vergl. oben S. 215).

Der *Strickkörper*, welcher in den unteren Querschnittsebenen noch reichlich Fasern aus dem Stratum zonale der Oliven aufnimmt, verliert weiter oben seine schönen, von Häufchen grauer Substanz durchsetzten Faserquerschnitte; die Faserbündel nehmen behufs Ablenkung in das Kleinhirn eine Verlaufsrichtung nach hinten und oben an, und erscheinen desshalb als Schrägschnitte.

In dem nach vorne offenen Winkel, den der Strickkörper mit der Formation des *Deiters'schen* Kernes bildet, liegt die aufsteigende Trigeminuswurzel. Sie zeigt dieselbe halbmondförmige Gestalt wie vorher, die gelatinöse Substanz ist jedoch bedeutend zusammengeschmolzen.

Von den bisher genannten Theilen des Querschnittes ist allseitig umschlossen die schon bekannte *Formatio reticularis*. Da die Wurzelfasern des Hypoglossus und Vagus hier aufgehört haben, so zeigt sie keine scharfe Trennung in mittlere und seitliche Felder mehr, doch lässt sich immerhin das mittlere Feld durch seinen geringeren Gehalt an grauer Substanz und Ganglienzellen (F. reticul. alba) und durch die zahlreichen Querschnitte dickerer Fasern, die es enthält, von dem seitlichen trennen. Namentlich an Carminpräparaten tritt es durch seine hellere Färbung deutlich hervor.

Die *Raphe* ist breit, zeigt in die Pyramiden tretende Fibrae rectae und Kreuzungen der zahlreichen Bogenfasern aus der Formatio reticularis.

Die *Oliven*, welche die Schleifenschicht zwischen sich fassen, nehmen nach und nach an Grösse ab, und erscheinen in den oberen Querschnittsebenen völlig geschlossen, immer von einem dichten Fasergewirr um-

geben. In diesen Ebenen finden sich endlich auch schon Anfänge von Gebilden, die der Brücke angehören, so das untere Ende des Facialiskernes und des Corpus trapezoides.

Uebersicht des Faserverlaufes in dem offenen Theile des verlängerten Markes.

1. Die Pyramidenbahnen steigen unverändert auf bis auf einen von den Fibrae rectae der Raphe (aus den Nervenkernen?) stammenden Faserzuwachs.

2. Die nach Abgang der Schleifenkreuzung zurückbleibenden Hinterstrangfasern erleiden in der Hinterstranganlage (Fortsetzung der Hinterstrangkerne) eine Unterbrechung durch Ganglienzellen; das weitere Glied des betreffenden Leitungssystemes tritt dann in die Oliven (ob in beide?) und in die Formatio reticularis.

3. Aus den Oliven und zwar vornehmlich der gekreuzten und aus der Formatio reticularis treten ausgiebige Faserzüge (wahrscheinlich ein weiteres Glied eines Theiles wenigstens der sub 2 genannten Leitungssysteme) in den Strickkörper, und verlaufen in diesem, gemeinschaftlich mit der Kleinhirnseitenstrangbahn zum Kleinhirn. Die Oliven würden demnach eine zweite Umschaltungsstation für einzelne Fasersysteme aus den Hintersträngen darstellen.

4. Ein Theil der aus der Hinterstranganlage austretenden Faserzüge gelangt auf dem Wege des Strickkörpers vielleicht direkt in die Bündelformation des *Deiters'schen* Kernes und mit dieser in das Kleinhirn.

5. Die aus den Kernen der zarten Stränge stammenden Fasern der Schleifenkreuzung steigen in der hinter den Pyramiden, zwischen den Oliven liegenden Schleifenschicht aufwärts. Ihnen schliessen sich äquivalente Fasern, welche aus der Hinterstranganla gekommen, und andere Längsfaserbündel der Formatio reticularis, endlich vielleicht Fasern, welche bereits in der gleichseitigen Olive eine Umschaltung erfahren haben, an.

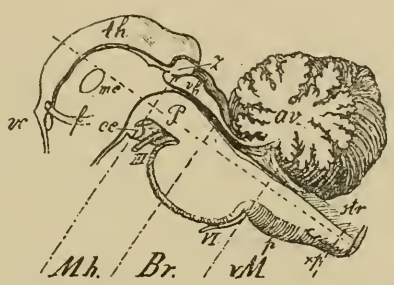
Die Brücke.

In diesem Theile des Centralorganes erreichen die bereits am verlängerten Mark äusserlich sichtbaren Querfaserzüge eine viel bedeutendere Entwicklung, indem sie die vordere und seitliche Fläche des verlängerten Markes völlig umhüllen. Sie stellen eine mächtige Commissur beider Kleinhirnhälften dar, in welche sie vermittelst der *Brückenarme* (Crura cerebelli ad pontem, mittlere Kleinhirnschenkel) eintreten. Da der Längsdurchmesser der Brücke in ihrer Mitte bedeutend jenen der Brückenarme übertrifft, so müssen die Querfasern derselben sich bei ihrem lateralen Verlaufe zusammendrängen. Dies geschieht vor Allem dadurch, dass ein Theil der oberen Querfaserbündel sich an der Seitenfläche der Brücke über die unteren erhebt und als Fasciculus obliquus nach unten und aussen zieht, so den Dickendurchmesser des Brückenarmes verstärkend. Ueber diesem auffallenden Querfaserbündel findet sich an der Seitenfläche der Brücke die Austrittsstelle der beiden Trigeminuswurzeln; am hinteren Rande des Pons,

lateral von der Abducenswurzel, liegt die Austrittsstelle der Facialis- und Acusticuswurzel.

Durch das Zusammenlaufen der queren Brückenfasern nach unten und aussen erhält die Brücke eine nach oben stark vorspringende Wölbung. Die Höhe dieser Wölbung sollte so wie der untere Rand der Brücke zur Abgrenzung dieses Theiles von den oben und unten anschliessenden Abschnitten des Centralorganes dienen. Geht man aber darauf aus, den inneren Bau der Brücke an Querschnitten (senkrecht zur Längsaxe) zu beschreiben, so lässt sich die obere Grenzmarke nicht benützen. Denn ein durch diese geführter Querschnitt fällt hinten bereits weit in den unteren Vierhügel hinein. Zweckmässiger erscheint es desshalb, die obere Spitze der Rautengrube, das ist die Stelle, wo

Fig. 60.



Medianschnitt durch das verlängerte Mark und die Brücke (nach *Reichert*, verkleinert). Die einzelnen Theile des Centralorganes sind an der Figur in der dem Texte entsprechenden Weise durch punktirte Linien abgegrenzt.

vM. Verlängertes Mark. Br. Brücke. Mh. Mittelhirn. th. Sehhügel. vc. Vordere Commissur. hc. Hintere Commissur. mc. Commissura mollis. f. Gewölbe. z. Zirbeldrüse. cc. Corpus candicans. P. Grosshirnschenkel. vh. Vierhügel. p. Pyramide. xp. Pyramidenkreuzung. str. Strickkörper. av. Arbor vitae cerebelli. III. Nervus oculomotorius. VI. Nervus abducens.

die beiden *Bindearme* zusammentreffen und zwischen sich das *vordere Marksegel* (Velum medullare anterius) fassen, als obere Grenzmarke zu benützen. An der obenstehenden Fig. 60 ist diese Trennungslinie ersichtlich gemacht. Ein in der gleichen Richtung gelegter Querschnitt trennt vorne allerdings das obere Drittel der Brücke ab; da dieses aber keinerlei Gebilde von selbständiger Bedeutung enthält, so ist darauf weiter kein Gewicht zu legen.

Für die folgende Beschreibung erübrigen demnach nur das *untere Drittel der Brücke*, welches den Facialis- und Abducensursprung enthält, und das *mittlere Drittel*, in welchem die complicirten Wurzeln des Trigeminus zusammenlaufen.

Man möge sich vor Augen halten, dass die in der Folge zu beschreibenden Querschnitte von einem Präparate gewonnen wurden, an dem die nach Spaltung des Kleinhirnwurmes aus einander gebogenen Kleinhirnhemisphären abgetrennt sind. Der Seitenrand der Querschnitte ist demnach immer eine durch die Marksubstanz

der Kleinhirnhemisphären gelegte künstliche Trennungsfläche. Die Abtrennung des Wurmes geschah dabei mit Schonung der, den unteren Theil des vorderen Marksegels bedeckenden Wülste der Lingula. Im Bereiche dieser Kleinhirnwindung wurde das mit dem Markkern des Wurmes continuirliche Markblatt des Velum anterius durchtrennt.

1) Querschnittsreihe in der Höhe des unteren Drittels der Brücke.

Die wesentlichste Gestaltveränderung, welche die Querschnitte dieser Reihe in Vergleich zu den letztbeschriebenen des verlängerten Markes erleiden, besteht darin, dass die Pyramiden nicht mehr frei an der Oberfläche liegen, sondern von der Brückenarmfaserung, die in bogenförmig geschwungenen Zügen aus dem Kleinhirnmarke, und zwar vor den sich immer tiefer einsenkenden Strickkörpern, heraustritt, zugedeckt werden (Fig. 61 A.).

Die durch ein sehr feines Kaliber ausgezeichneten Brückenarmfasern treten in den untersten Querschnittsebenen dieser Reihe nur in einer die Pyramidenstränge von vorne bedeckenden Schichte auf (*oberflächliche Querfaserschichte* — Stratum superficiale), in höheren Ebenen entwickelt sich dann eine zweite, hinter den Pyramiden vorbeilaufende Faserschichte (*tiefe Querfaserschichte* — Stratum profundum). Beide Schichten gewinnen nach und nach an Mächtigkeit und durchflechten schliesslich die anfangs noch compacten und in der Medianlinie an einander geschlossenen, später aus einander weichenden und in mehrfache Bündel gespaltenen Pyramidenstränge. Sie bilden die *vordere Brückenabtheilung*, während die obere Fortsetzung der mittleren, seitlichen und hinteren Felder der Oblongata hier den Namen *hintere Brückenabtheilung* erhält. In der Mittellinie kreuzen sich die Querfasern der beiden Seiten und bilden so eine Art Raphe, welche als direkte Verlängerung der Raphe aus der hintern Brückenabtheilung in die vordere erscheint. Zwischen den Querfasern beider Schichten, namentlich aber in der Umgebung der durchflochtenen Pyramiden finden sich zahlreiche Lager grauer Substanz mit Nestern von kleinen multipolaren Ganglienzellen — *Brückenkerne*.

Diese dienen wahrscheinlich zahlreichen Querfasern zum vorläufigen Endpunkte, andere dieser Querfasern aber scheinen wahre Commissurenfasern zwischen beiden Kleinhirnhemisphären zu sein, d. h. sie überschreiten die Medianlinie und treten in den entgegengesetzten Brückenarm.

Nach der Anschauung *Meynert's* und *Wernicke's* entwickeln sich aus den Ganglienzellen der Brückenkerne neue Fasern, die sich der Pyramidenfaserung zugesellen und somit eine (gekreuzte oder ungekreuzte?) Verbindung zwischen dem Kleinhirn und Grosshirn herstellen. Wenigstens steht so viel fest, dass die Pyramidenfasern innerhalb der Brücke einen sehr ansehnlichen Zuwachs erhalten, welcher kaum einen anderen Ursprung haben kann. Der sichere Nachweis dafür, dass dieser eine durch Ganglienzellen vermittelte direkte Fortsetzung der Brückenarmfaserung

darstellt, ist noch nicht erbracht. *Meynert* hat allerdings die wiederholt gemachten Befunde von Atrophie der einen Grosshirnhemisphäre bei gleichzeitiger Atrophie der gekreuzten Kleinhirnhemisphäre mit zum Beweise dafür herangezogen, doch sind diese Befunde keineswegs constante. Es kommen hochgradige angeborne Defecte der einen Grosshirnhemisphäre vor, bei denen sich keine Atrophie der gekreuzten Kleinhirnhemisphäre vorfindet, und auch die Ergebnisse der experimentell-anatomischen Untersuchungsmethode sind der *Meynert'schen* Anschauung nicht günstig, denn *v. Gudden* sah nach Exstirpation der einen Grosshirnhemisphäre und des Corpus striatum am neugebornen Thier weder die gekreuzte noch die ungekreuzte Kleinhirnhemisphäre atrophiren.

Hinter der Brückenarmfaserung, an der seitlichen (künstlich getrennten) Fläche der Querschnitte, sieht man die Einsenkungsstelle des Strickkörpers in das Kleinhirnmark mit ausschliesslich vorwaltenden Schräg- und Längsschnitten von Fasern. Von den zum Theil in übereinstimmender Richtung verlaufenden Brückenarmfasern ist die Faserung des Strickkörpers immer leicht durch ihr dickeres Kaliber zu unterscheiden.

Medial von diesen Fasern liegt die verkleinerte Bündelformation des *Deiters'schen* Kernes (Fig. 61 A. dk.), noch immer mit vielen eingelagerten grossen Ganglienzellen versehen.

Aus ihrem Felde sieht man an den meisten Querschnitten deutlich ausgeprägte Faserzüge in das Kleinhirnmark ziehen und sich dort hinter dem Strickkörper einsenken (daher auch die Bezeichnung: innere Abtheilung der Kleinhirnstiele). In höheren Querschnittsebenen dieser Reihe verschwinden die schönen Bündelquerschnitte dieser Formation nach und nach, an ihre Stelle treten Schrägschnitte und gegen das obere Ende des jetzt abgehandelten Brückenabschnittes verschwindet das wohl kenntliche Feld völlig; es sind seine sämmtlichen Fasern in das Kleinhirnmark abgezogen.

Medial von dem beschriebenen Felde liegt im grauen Boden die obere Fortsetzung des *inneren Acusticuskernes* (Fig. 61 A. VIII.). Dieser Kern reicht jedoch schon in den untersten Querschnitten nicht mehr bis zur Medianlinie, denn er wird von dort durch einen neu in Erscheinung tretenden Nervenkern — den *Abducenskern* — verdrängt; an nächst höheren Querschnitten sieht man den ersteren sich rasch gegen den lateralen Winkel der Rautengrube zurückziehen und dann zugleich mit dem *Deiters'schen* Kern verschwinden.

Die Querschnitte aus dem unteren Ende dieser Reihe zeigen auch noch die schön entwickelte *tiefe Acusticuswurzel* (Fig. 61 A. tw. VIII.), welche als compacter, breiter Faserzug vom Acusticuskern nach aussen und vorne zieht, dabei Strickkörper und aufsteigende Trigeminuswurzel trennt und endlich, die Faserung des Brückenarms durchbrechend, am untern Rande der Brücke zum Vorschein kommt. Schon von der Mitte dieser Querschnittsreihe an ist sie nicht mehr zu sehen.

Tiefer unten, noch während sie als dickes Bündel sichtbar ist, wird sie von einem sehr deutlich ausgesprochenen Faserzuge nahezu rechtwinklig gekreuzt, welcher sich an der vorderen Seite des Corpus restiforme entwickelt (zwischen diesem und dem Brückenarm); dieser Nervenfaserzug ist am unteren Brückenrande, noch bevor er von der Brückenarmfaserung zugedeckt wird, oberflächlich gelegen (Fig. 61 A. oberhalb der Lücke in dem Schnitte). Er zieht nach einwärts und tritt dann in die Schleifenschicht ein, durchflicht diese und erreicht zwischen ihr und der Pyramide die Medianlinie. Nachdem er diese gekreuzt hat, gelangt er auf der andern Seite hinter der Schleifenschicht zu einer kleinen Anhäufung grauer Substanz, die den Namen der *oberen Olive* (Fig. 61 o.) führt.

Der beschriebene Faserzug stellt eine *Verbindung der oberen Olive mit dem gekreuzten Strickkörper* dar und verhält sich somit analog den oben beschriebenen, vom Stratum zonale der unteren Olive zum Strickkörper ziehenden Faserbündeln. Ob diese obere Verbindung die gleiche Bedeutung hat wie die untere (Uebergang von in die Oblongata aufsteigenden (sensiblen?) Leitungssystemen in die gekreuzte Kleinhirnhemisphäre), ist allerdings noch nicht erwiesen, wie denn überhaupt die ganze Formation der oberen Olive und ihrer Verbindungen in der menschlichen Brücke sehr an Bedeutung hinter der unteren Olive zurücksteht. Bei den meisten Säugethieren aber ist diese Formation auffallend stark entwickelt und die Verbindung mit dem Strickkörper, wegen der erst etwas höher oben ansetzenden Anlagerung der Brückenarme, schon äusserlich als ein querer Faserzug sichtbar. Dieser hat den Namen *Corpus trapezoides sive rhomboides* erhalten. Dem analogen Faserzuge in der menschlichen Brücke pflegt man den gleichen Namen beizulegen. (Fig. 61. A. B. — ctr.) Fig. 71 (S. 267) zeigt das Corpus trapezoides des Kaninchens.

Die vorangehend beschriebenen Gebilde gehören sämmtlich peripheren Theilen der Querschnitte an; es folgt jetzt die Beschreibung der inneren Theile der hinteren Brückenabtheilung, der *Formatio reticularis*.

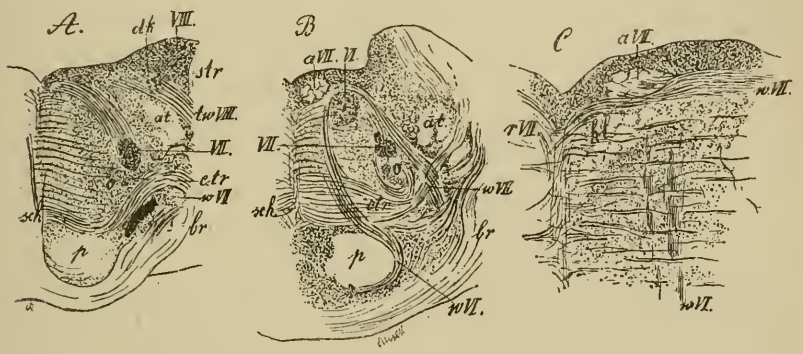
In ähnlicher Weise, wie in der Oblongata, wird diese durch die Wurzelfasern zweier Nerven (Abducens und Facialis) in zwei innere, durch die Raphe getrennte Felder und in zwei seitliche Felder zerlegt (Fig. 61 B.). Die untersten Querschnitte der Reihe allerdings entbehren noch dieser scharfen Trennung (Fig. 61 A.), doch ist hier, wie im obersten Theile des verlängerten Markes, das mittlere von dem seitlichen Feld durch seinen geringen Gehalt an grauer Substanz und durch das Vorwalten dicker Faserquerschnitte leicht abzugrenzen.

Die Abtrennung der *mittleren Felder der Formatio reticularis* geschieht durch die *Wurzelfasern des Abducens*, deren Verlauf getreu jenem der Hypoglossuswurzelbündel nachgebildet ist. Die hintere Begrenzung der seitlichen Felder findet durch die *Wurzelfasern des Facialis* statt, deren Verlauf sich wiederum völlig ähnlich jenem gestaltet, der oben für die aus dem vorderen (motorischen) Vaguskern entspringenden Vaguswurzeln beschrieben worden ist. Man kann, wie

dort, an der Facialiswurzel einen von dem, im seitlichen Felde gelegenen Nervenkerne nach innen und hinten verlaufenden Antheil, dann eine winkelige Umbiegung der Wurzel und endlich einen nach vorne und aussen zur Austrittsstelle ziehenden Antheil unterscheiden. Zu einer etwas schwerer zu deutenden Reihe von Querschnittsbildern führt bei der Facialiswurzel jedoch der Umstand, dass zwischen beide Verlaufsstücke ein kurzes im Ventrikelboden aufsteigendes Zwischenstück eingeschoben erscheint, welches ausserdem noch in naher, räumlicher Beziehung zum Abducenskern steht.

In dem *seitlichen Felde der Form. reticul.* liegt, an gleicher Stelle wie im verlängerten Marke die untere Olive, ein unbedeutendes,

Fig. 61.



Querschnitte durch die *Brücke im unteren Drittel* derselben.

A. In der Höhe des *Ursprungsschenkels der Facialiswurzel* (zum Theil nach *Wernicke*, 2mal vergrössert). p. Pyramide. br. Brückenarmfaserung. dk. *Deiters'scher* Kern, mit den in das Kleinhirnmark tretenden Fasern. str. Strickkörper (fehlt in der Zeichnung bereits). VIII. Acusticuskern (innerer). twVIII. Tiefe Acusticuswurzel. o. Obere Olive. ctr. Corp. trapezoides. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel. sch. Schleifenschicht. VII. Facialiskern und Facialiswurzel (Ursprungsschenkel). wVII. Facialiswurzel (Austrittsschenkel).

B. In der Höhe des *Austrittsschenkels der Facialiswurzel* (zum Theil nach *Wernicke*, 2mal vergrössert). p. br. o. ctr. at. sch., wie bei A. VII. Oberes Ende des Facialiskernes. wVII. Austrittsschenkel der Facialiswurzel. aVII. Aufsteigendes oder Zwischenstück der Facialiswurzel. VI. Abducenskern. wVI. Abducenswurzel.

C. In der Höhe des oberen Endes des *Zwischenstückes der Facialiswurzel*. (Säurefuchsinpräparat. 8mal vergrössert.) aVII. Zwischenstück der Facialiswurzel. wVII. Austrittsschenkel derselben. wVI. Abducenswurzel. rVII. Facialisursprung aus der Raphe. hl. Hinteres Längsbündel.

S-förmig gekrümmtes Blatt grauer Substanz, die *obere Olive*. Sie besitzt einen eigenen Markmantel, dessen wahrscheinlicher Zusammenhang mit dem gekreuzten Corpus restiforme bereits erwähnt wurde.

Die Topographie dieser einzelnen in der Formatio reticularis gelegenen Gebilde und deren Beziehungen zur aufsteigenden Trigeminuswurzel, welche hier, wie überall, den besten Orientirungspunkt abgibt, gestalten sich folgendermassen:

An den untersten Querschnitten der Reihe (Fig. 61 A) sieht man die aufsteigende Trigeminuswurzel (at), durch die halbmondförmige Gestalt des Markfeldes gut kenntlich. Lateral von ihr liegt die tiefe Acusticus-

wurzel; medial von der ersteren fällt eine Gruppe von multipolaren Ganglienzellen auf, welche sowohl durch die Grösse der Zellen, als durch den Umstand ausgezeichnet ist, dass vielfach Bündel markhaltiger Fasern in das Innere der Gruppe eindringen. Wir erblicken in ihr den *Kern des Facialis* (VII.). Von diesem Kerne ausgehend, verläuft ein breiter, aus den Axencylinderfortsätzen der Zellen sich entwickelnder Faserzug in der Richtung nach hinten und innen gegen die mediale Furche des grauen Bodens, und trifft dort auf eine unbedeutende Ansammlung kleinerer Ganglienzellen, das untere Ende des Abducenskernes. Dieser Abschnitt der Facialiswurzel führt den Namen *Ursprungsschenkel der Facialiswurzel* (VII.). Bei Durchmusterung der lateralen Theile der vorderen Brückenabtheilung findet man ferner mitten in der Brückenarmfaserung den Schrägschnitt eines compakten Nervenfaserzuges; es ist das jener Abschnitt der Facialiswurzel, welcher zu der Austrittsstelle am unteren Brückenrande zieht: der *Austrittsschenkel der Facialiswurzel* (wVII.).

Vor und etwas nach innen vom Facialiskern, zwischen ihm und den Faserzügen des Corpus trapezoides, findet sich das der oberen Olive angehörende Häufchen grauer Substanz.

An Querschnitten aus höheren Ebenen dieser Reihe (Fig. 61 B) ist der Facialiskern (VII.) auf einen kleinen Rest reducirt, dagegen der *Kern des Abducens* (VI.) in voller Grösse zu sehen. Dieser Nervenkern enthält im Gegensatze zum Facialiskern nur kleine multipolare Ganglienzellen und ist von zahlreichen Nervenfaserquerschnitten durchsetzt.

Bei oberflächlicher Betrachtung des Querschnittsbildes hat es nun den Anschein, als ob von diesem Kerne zwei Wurzeln abgehen würden. Ein compaktes Faserbündel verläuft in einem lateral convexen Bogen nach vorne und aussen, tritt zwischen den Facialiskern und die aufsteigende Trigeminuswurzel, dann zwischen diese und die obere Olive, durchsetzt die aus dem Strickkörper nach innen ziehenden Faserzüge des Corpus trapezoides und endet als Schrägschnitt. Die weitere Fortsetzung dieses Faserbündels ist uns bereits in tieferen Querschnittsebenen, gleichfalls als Schrägschnitt, aufgestossen, und wurde als *Austrittsschenkel der Facialiswurzel* bezeichnet.

Ein zweites, etwas schmäleres Faserbündel verläuft vom Abducenskern in einem flachen Bogen, dessen Convexität medialwärts sieht, nach vorne, tritt in die Querfaserschichte der Brücke ein, umkreist den hier noch compakten Pyramidenstrang und endet in der oberflächlichen Querfaserschichte gleichfalls als Schrägschnitt. Es nimmt demnach, wie der Austrittsschenkel der Facialiswurzel, zu seiner Austrittsstelle am unteren Brückenrande einen absteigenden Verlauf und stellt die *Abducenswurzel* (wVI.) dar.

Ueber die gekreuzte Verbindung des Abducenskernes mit der Oculomotoriuswurzel siehe unten.

An Querschnitten aus dieser Höhe sieht man ferner im grauen Boden, nach innen vom Abducenskern, den Querschnitt eines compakten Faserzuges, der sich bei Untersuchung der ganzen Querschnittsreihe als die Fortsetzung des Ursprungsschenkels der Facialiswurzel herausstellt. Dieser im grauen Boden aufsteigende Abschnitt der Facialiswurzel führt den Namen *Zwischenstück (Krause)* (aVII.).

Verfolgt man dann das Zwischenstück in der Querschnittsreihe weiter aufwärts, so sieht man endlich das obere Ende desselben in ein kurzes im grauen Boden liegendes, horizontales Verlaufsstück übergehen (Fig. 61 C), welches sich als der Beginn des nach unten und vorne verlaufenden Austrittsschenkels herausstellt (inneres Knie des Facialis, im Gegensatz zum Knie des Facialis im *Fallopi'schen* Kanal). Vom Abducenskerne ist an solchen Querschnitten nichts mehr wahrzunehmen, dagegen sieht man häufig noch einige kurze Verlaufsstücke von Abducenswurzelfasern (Fig. 61 C, wVI.).

An Säurefuchsinpräparaten ist das successive Ablenken der Fasern aus dem Zwischenstück in den Austrittsschenkel überaus deutlich zu sehen; ausserdem aber sieht man Fasern, welche in der Raphe aufsteigen, sich kreuzen und dann der Facialiswurzel anschliessen. (Fig. 61, C rVII). Von *Stieda* wurde die Ansicht ausgesprochen, dass diese Fasern aus dem Facialiskern der entgegengesetzten Seite stammen.

Meynert, Clarke und andere Autoren haben auf Grund histologischer Befunde angegeben, dass vom oberen, lateralen Theile des Abducenskernes sich Fasern der Facialiswurzel zugesellen, dass demnach dieser Kern eigentlich ein gemeinschaftlicher Facialis-Abducenskern sei. *Duval* glaubte sogar, in Rücksicht auf gewisse pathologische Befunde (bei progressiver Bulbärparalyse), diesen Theil des Facialisursprunges mit den zu den Augen- und Stirnmuskeln gehenden Nervenzweigen in Beziehung setzen zu können. Ein pathologisch-anatomischer Befund von *Gowers* jedoch, welcher nach Degeneration beider Nn. abducentes den beiderseitigen Abducenskern bis auf den letzten Rest geschwunden vorfand, und experimentell-anatomische Befunde von *Gudden*, durch welche einerseits *vollständige* Atrophie des Abducenskernes nach Ausreissung des gleichseitigen Abducens, andererseits aber das *Beschränktbleiben der Atrophie auf den eigentlichen Facialiskern* bei Ausreissung des N. facialis aus dem *Fallopi'schen* Kanal, nachgewiesen wurde, haben das Unhaltbare dieser Anschauung klargestellt.

Es dürfte angezeigt sein, den hier aus den einzelnen Querschnittsbildern deducirten *Verlauf der Facialiswurzel* kurz zu recapituliren.

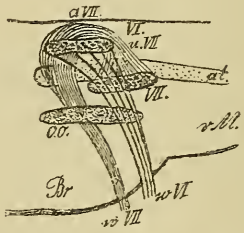
Vom Facialiskern, welcher seinen grössten Umfang nahe der unteren Grenze der Brücke erreicht, verlaufen die Wurzelfasern nach innen und hinten, vereinigen sich im grauen Boden, entsprechend dem unteren Ende der Eminentia teres, zu einem compakten Stamme, der seitlich vom hinteren Ende der Raphe, medial vom Abducenskern, eine kurze Strecke (5 Mm.) aufwärts verläuft. Am oberen Ende der Eminentia teres angelangt, umschlingt die Nervenwurzel das obere Ende des Abducenskernes

und nimmt ihren Weg dann nach vorne, aussen und unten, nahezu parallel den Ursprungsfasern (Schema Fig. 62). Sobald die Facialiswurzel die Faserung des Brückenarmes erreicht hat, schlägt sie einen steil nach unten gerichteten Verlauf ein, durchbricht die Brückenarmfaserung und kommt an der Grenze von Pons und Oblongata an die Oberfläche.

Das jederseits von der Raphe und von der Abducenswurzel begrenzte *mittlere Feld der Formatio reticularis* zerfällt in eine zwischen den oberen Oliven gelegene, an Carminpräparaten durch ihr helles Aussehen hervorstechende, vordere Abtheilung — die obere Fortsetzung der *Schleifenschicht* (sch.) — und in eine hintere Abtheilung.

Die Schleifenschicht ist im Bereiche dieser Querschnittsreihe von den Faserzügen des Corpus trapezoides durchzogen (gerade so wie im

Fig. 62.



Schematische Darstellung des Verlaufes der *Facialiswurzel* (von der medianen Schnittfläche des Organes aus gesehen).
Br. Brücke. vM. Verlängertes Mark. oo. Obere Olive. at. Aufsteigende Trigeminuswurzel. VII. Facialiskern. uVII. Ursprungsschenkel der Facialiswurzel. aVII. Aufsteigendes oder Zwischenstück derselben. wVII. Austrittsschenkel derselben. VI. Abducenskern. wVI. Abducenswurzel (in ihrem hinteren Theile etwas nach unten gedrängt um die Facialiswurzel nicht zu decken).

verlängerten Mark von andern nach dem Strickkörper ziehenden Fasern) und auch daran gut kenntlich.

Nach und nach nimmt ihr, der vorderen Brückenabtheilung unmittelbar angrenzendes Feld an Tiefe ab, dafür an Breite zu (Fig. 61 B), und bildet schliesslich eine die beiden Brückenabtheilungen nahezu völlig trennende Schicht. Sobald die starke Einstrahlung von Bogenfasern des Corpus trapezoides aufgehört hat, tritt dieses Feld in Folge seines nahezu ausschliesslichen Gehaltes an dicken Faserquerschnitten noch viel deutlicher hervor; dann aber sind auch die Abducenswurzeln nicht mehr vorhanden und hat eine Abgrenzung von mittleren und seitlichen Feldern der Formatio reticularis aufgehört.

Es dürfte sich empfehlen, nochmals daran zu erinnern, dass die in der Schleifenschicht aufsteigenden Fasern sich im Bereiche des verlängerten Markes nach und nach zusammengefunden haben und zwar aus der Schleifenkreuzung und Hinterstranganlage sowie aus zahlreichen Bogenfasern der Formatio reticularis weniger sicheren Ursprunges. Pathologisch-anatomische Beobachtungen über secundäre Degeneration bei Ponsherden im unteren Drittel, welche die Schleifenschicht

getroffen haben, stellen die Thatsache fest, dass diese, zum grösseren Theile wenigstens, in absteigender Richtung degenerirt und dass die Degeneration auf die dem Herde gleichseitige Olive übergreift (*Kahler-Pick*). In einem von *Meyer* beschriebenen Falle, welcher einen auf das untere Drittel der hinteren Brückenabtheilung beschränkten Herd betraf, der einen grösseren Theil der rechtsseitigen Formatio reticularis zerstört hatte, fand sich aufsteigende Degeneration der Schleifenschicht nur auf eine ganz kurze Strecke, dagegen absteigende Degeneration der gleichseitigen Schleifenschicht und eines Theiles der hinteren Abtheilung des mittleren Feldes, Atrophie der gleichseitigen Olive, der von der Olive zum Strickkörper ziehenden Fasern und endlich der Schleifenkreuzung (?) der gleichen Seite. (Vgl. oben S. 213.)

Nach *Flechsig* sind die Längsfasern der Schleifenschicht durch den Zeitpunkt ihrer Markumhüllung von der hinteren Abtheilung, welche er die Vorderstrangreste (Aequivalent dieser Felder im verlängerten Marke) nennt, deutlich unterscheidbar.

Die hintere Abtheilung des mittleren Feldes der Formatio reticularis zeigt neben viel eingelagerter grauer Substanz zahlreiche Bogenfasern, welche zum Theil zweifellos in Fibrae rectae der Raphe übergehen und in die vordere Brückenabtheilung eintreten. Sie stehen zu den Kernen des Abducens und Facialis in Beziehung und stellen wahrscheinlich das cerebralwärts gelegene Glied der betreffenden Leitungssysteme dar.

Neben dem hinteren Ende der Raphe, vor dem Zwischenstück der Facialiswurzel erscheint gegen das obere Ende dieser Querschnittsreihe immer deutlicher ein dreieckiges Feld, welches nahezu ausschliesslich Querschnitte breiter Fasern enthält und in dem nächst höheren Brückenabschnitte bereits ein wohl kenntliches Gebilde darstellt — das *hintere Längsbündel*. An Fig. 61 C ist dieses Feld schon deutlich abzugrenzen.

2) Querschnittsreihe in der Höhe des mittleren Drittels der Brücke.

Im Bereiche des mittleren Drittels der Brücke wird der Contour der Querschnitte durch die Anlagerung der *Bindearme* verändert.

Da diese, aus dem Kleinhirn hervortretend, vom Dache des vierten Ventrikels längs der Seitenwand des letzteren herabsteigen und dabei convergiren, so wird der graue Boden nach und nach verschmälert.

Durch die zwischen die Bindearme eingelagerte Lingula des Wurmes und durch das Velum medullare anterius wird der Ventrikel schliesslich gedeckt und in einen queren Spalt verwandelt, welcher unter Abnahme seines transversalen Durchmessers in den Aquäductus Sylvii übergeht.

Ausserdem erleidet das Querschnittsbild als Ganzes noch eine weitere Veränderung durch die immer bedeutendere Grössenzunahme der Brückenarme, deren Faserung jetzt den gesammten seitlichen und

vorderen Rand der Schnitte einnimmt und auch die hintere Brückenabtheilung seitlich begrenzt.

Die vordere Brückenabtheilung gewinnt dadurch sehr an Tiefe und übertrifft an Grösse bedeutend die hintere. Die künstliche Trennungslinie der Brücke vom Kleinhirn erstreckt sich jetzt auch in den lateralen Theil des hinteren Randes der Querschnitte.

An dieser letzteren Stelle erscheint in den untersten Querschnitten der Reihe der Beginn des *Bindearmes* (Fig. 63, b), medial von einem Markfelde, das der Einsenkungsstelle des Strickkörpers entspricht. Bei Verfolgung der Schnittreihe nach oben zu kann man dann die ziemlich rasch erfolgende Ablösung der Bindearme vom Kleinhirn (besser gesagt, von der vereinigten Masse des Strickkörpers und Brückenarmes) sehen, und bald werden beide durch einen von hinten eindringenden Spalt geschieden. Zugleich bildet der dreieckig gestaltete Querschnitt des Bindearmes einen medial gerichteten Vorsprung, welcher den grauen Boden zu überdachen beginnt und bald mit dem der anderen Seite in der Mittellinie zusammenstösst. Die Verbindung der beiden Bindearme wird durch eine schmale Brücke weisser Substanz hergestellt, welcher von hinten graue Substanz der Kleinhirnrinde (der Lingula des Wurmes angehörend) angelagert ist. Noch weiter oben liegen die beiden Bindearme völlig frei (vom Kleinhirn losgelöst) und bilden die seitliche Begrenzung der hinteren Brückenabtheilung, welche in Form eines kleinen Rechteckes der grossen, annähernd rechteckigen Figur der vorderen Brückenabtheilung aufgesetzt erscheint.

An Querschnitten, welche unmittelbar unter das untere Ende der unteren Vierhügel fallen, hat die weisse Markleiste zwischen den Bindearmen — hier Velum medullare anterius genannt — ihre graue Decke verloren und liegt frei. Aus praktischen Gründen soll die Beschreibung dieses Theiles erst im nächsten Capitel ihre Erledigung finden.

Während der Ablösung der Bindearme von dem Kleinhirn (von den Brückenarmen des Kleinhirns) ist ihnen lateral graue Substanz des Kleinhirns aufgelagert; sobald sie völlig selbständig geworden sind, zeigen sie sich ausschliesslich aus Querschnitten markhaltiger Fasern zusammengesetzt, und bilden an Carminpräparaten eine auffallend helle, halbmondförmige Querschnittsfigur.

Die Faserung des *Brückenarmes* (Fig. 63 Br.) bildet jetzt ausser einer oberflächlichen Schicht (Stratum superficiale, st. s.) und tiefen Schicht (Stratum profundum, st. p.) auch noch eine *mittlere Schicht* (Stratum complexum, st. c.), welche die Pyramidenstränge in secundäre Bündel spaltet.

Da, wie schon oben dargestellt, der Querschnitt der Längsfaserzüge während ihres Verlaufes in der vorderen Brückenabtheilung wächst, und somit die Pyramidenfasern einen Zuwachs erhalten, so ist die von *Schwalbe* für die Längsfaserzüge der

vorderen Brückenabtheilung gewählte Bezeichnung der *Pedunculusbahn* zutreffender als die Benennung derselben als Pyramidenstränge. Denn es steht fest, dass diese Längsfaserzüge sämmtlich in den Grosshirnschenkel (Pedunculus) übergehen.

Die Kreuzung der queren Brückenfasern in der Medianlinie und die Einlagerung grauer Substanz verhält sich wie oben.

Die *hintere Brückenabtheilung* zeigt eine sehr deutliche Raphe (Fig. 65, r.) mit zahlreichen Fibrae rectae, welche in die vordere Brückenabtheilung ziehen und, an Carminpräparaten, der Raphe ein auffallend helles Aussehen verleihen. Auch am frischen Präparate schon sticht die Raphe durch ihre weisse Farbe von der umgebenden grauen Substanz ab.

Von einer Trennung der Formatio reticularis in mittlere und seitliche Felder ist keine Spur mehr zu sehen. Dagegen wird das vordere Viertel derselben in seiner ganzen Breite von der *Schleifenschicht* (Fig. 63, sch.) eingenommen, welche durch die vorwiegenden Querschnitte dicker Fasern deutlich hervortritt. Hinter ihr, zum Theil noch durch ihre hinteren Antheile, verlaufen einzelne Bogenfasern, welche die Raphe überschreiten und sich um das, in den unteren Querschnitten dieser Reihe noch sichtbare obere Ende der oberen Olive herumschlingen. Es ist dies ein Rest von Fasern des Corpus trapezoides.

Bei Verfolgung der Schnittreihe nach oben sieht man die Schleifenschicht etwas an Tiefe verlieren und zugleich langsam nach aussen rücken. Sie macht einem bald gut abgrenzbaren Bündel von rundlichem Querschnitt Platz, welches sich möglicher Weise nach und nach aus den nach vorne verlaufenden Fibrae rectae der Raphe entwickelt.

Dieses Bündel lässt sich nach oben bis in den medialen Theil des Hirnschenkels verfolgen und heisst *mediales Bündel des Grosshirnschenkels* (mediales Bündel des Fusses, *Wernicke*). In Fig. 63 ist es noch nicht zu sehen.

Noch deutlicher als die vorgenannten Felder treten an den Querschnitten dieser Reihe die *hinteren Längsbündel* (hl.)] (obere Längsbündel von *Stieda*, Acusticusstränge von *Meynert*) in Gestalt heller Felder von flügelförmiger Gestalt mit transversal gestellter Längsaxe hervor. Sie liegen unter dem grauen Boden zu beiden Seiten der Raphe, und verdanken ihr helles Aussehen dem nahezu ausschliesslichen Gehalt an Faserquerschnitten sowie dem Fehlen von zwischengelagerter grauer Substanz.

Diese Faserquerschnitte gehören zumeist dicken Fasern an, ähnlich den Rückenmarksfasern, nur spärlich finden sich dünne Fasern untermischt, welche der angrenzenden Formatio reticularis entstammen. *Flechsig* fasst das hintere Längsbündel als eine den Vorderstranggrund-Bündeln des Rückenmarkes homologe Formation auf und vindicirt den Fasern desselben den Charakter von kurzen Bahnen und von peripheren Nerven (oder von Verbindungsfasern zwischen Nervenkernen).

Diese Fasern erhalten dem entsprechend auch sehr frühzeitig im embryonalen Leben ihre Markumhüllung; sie bilden bei 30 Ctm. langen Embryonen das erste markhaltige Feld in der Oblongata, nahezu gleichzeitig mit den Vorderstranggrund-Bündeln.

Forel lässt das hintere Längsbündel sich im Bereiche des verlängerten Markes langsam aus dem Vorderstrang des Rückenmarks entwickeln, indem bestimmte Längsfaserzüge desselben, breit und stark markhaltig bleibend, in diesem Areale sich sammeln. Und in der That entwickelt sich dieses compacte Bündel innerhalb jenes Theiles der Formatio reticularis, welcher bei der Umgestaltung des Rückenmarksquerschnittes in den Querschnitt des verlängerten Markes die Fortsetzung der Vorderstranggrund-Bündel darstellt.

Von Bedeutung für die Auffassung des hinteren Längsbündels erscheint endlich der in neuerer Zeit von *Duval* gelieferte Nachweis, dass sich ihm Fasern zugesellen, die aus dem Abducenskern entspringen und in seiner Bahn bis zu den Wurzeln des gekreuzten Oculomotorius und Trochlearis gelangen.

Die zwischen der Schleifenschicht und dem hinteren Längsbündel gelegene *Formatio reticularis* weist zahlreiche Bogenfasern auf, welche wohl zum Theil in Fibrae rectae der Raphe übergehen, andererseits aber mit den in diesem Brückenabschnitt auftretenden Kernen des Trigeminus in Beziehung treten. Ausserdem enthält sie viel graue Substanz mit zahlreichen Ganglienzellen, namentlich in der Nähe der Raphe, und in den seitlichen Feldern zahlreiche Längsfasern, welche hier, wie schon im verlängerten Mark, den gemeinsamen Namen *Längsbündel der Formatio reticularis* führen. In den obersten Querschnittsebenen dieser Region treten diese Längsfasern zu zwei sehr undeutlich begrenzten Bündeln zusammen, von denen das eine, lateral gelegene, zu der hinteren Commissur des Grosshirnes in Beziehung stehen soll (*Wernicke* — Haubenbündel aus der hinteren Commissur), das andere, medial gelegene, sich weiter oben dem in das Mittelhirn eingetretenen Bindearm anzuschliessen scheint.

In dem lateralen Abschnitt der Formatio reticularis findet sich das complicirte *Ursprungsgebiet des Trigeminus*. Nach aussen schliessen sich diesem dann die Brückenarme an.

Gleich an den untersten Querschnitten der Reihe kann man *vier* zum Trigeminusursprung in Beziehung stehende Gebilde wahrnehmen.

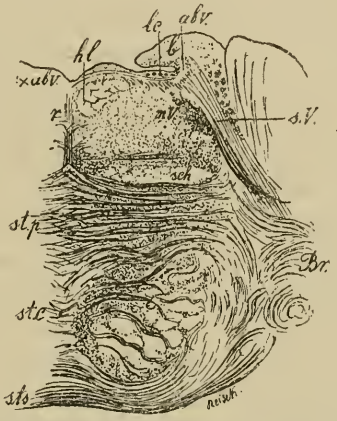
Vor Allem sieht man die schon so vielfach erwähnte *aufsteigende Wurzel des Trigeminus* (unmittelbar der Brückenarmfaserung anliegend, medial und vorne von der oberen Olive tangirt), welcher die *gelatinöse Substanz* jetzt von hinten und innen anliegt. In dieser sieht man deutlicher als vorher zahlreiche Körner (kleine Ganglienzellen), aus denen sich parallel verlaufende Fasern entwickeln, um in das Markfeld der aufsteigenden Wurzel einzutreten.

Medial von ihr liegt ein kleines Feld von Faserschrägschnitten und eine kleine Anhäufung von grossen Ganglienzellen — der Beginn des *motorischen Kernes des Trigeminus* und die *kleine oder motorische Wurzel* desselben (mV.).

Entlang dem grauen Boden des Ventrikels erstreckt sich ferner ein von der Raphe bis zu der gelatinösen Substanz der aufsteigenden Wurzel reichendes Feld (vorne zum Theil von dem hinteren Längsbündel begrenzt), welches gleichfalls und zwar noch ausgeprägtere Schrägschnitte enthält. Diese Schrägschnitte gehören einer *absteigenden, gekreuzten Wurzel des Trigeminus* an (× abV.).

Zu diesem Felde sieht man endlich aus dem hinteren Ende der Raphe einzelne gekreuzte Fibrae rectae treten — ein *Trigeminusursprung aus der Raphe* (*Meynert's* absteigende Wurzel aus dem Grosshirn und Hirnschenkelfuss).

Fig. 63.



Querschnitt durch die *Brücke im mittleren Drittel* derselben.

b. Bindearm. Br. Brückenarm. st.s. Stratum superficiale. st.c. Stratum complexum. st.p. Stratum profundum der Brückenarmfaserung. r. Raphe der hinteren Brückenabtheilung. sch. Schleifenschicht. hl. Hinteres Längsbündel. sV. Sensible Trigeminuswurzel und sensibler Kern des Trigeminus. mV. Motorische Trigeminuswurzel und motorischer Kern des Trigeminus. ×abV. Gekreuzte, absteigende Trigeminuswurzel. l.c. Locus coeruleus. abV. Absteigende Trigeminuswurzel.

An Säurefuchsinpräparaten treten alle diese Faserkategorien auf das schönste hervor.

In höheren Querschnittsebenen (Fig. 63) ist die aufsteigende Wurzel verschwunden, oder vielmehr, wie man sich an fortlaufenden Querschnittsreihen überzeugen kann, aufgegangen in einen dicken Nervenfaserzug, den man nach vorne und aussen verlaufen, sich in die Faserung des Brückenarmes einsenken und dort nach kurzem Verlaufe als Schrägschnitt (aufsteigender Verlauf) enden sieht. Dieser Faserzug ist die *grosse oder sensible Trigeminuswurzel* (sV.).

Von der gelatinösen Substanz der aufsteigenden Wurzel sind an einzelnen Querschnitten aus diesen Ebenen noch kleine, mit Ganglienzellen versehene Reste sichtbar. Die aus diesem Zellenlager entspringenden und der sensiblen Wurzel sich anschliessenden Nervenfasern sichern

ihm die Eigenschaft als *sensibler Kern des Trigeminus*, welche Bezeichnung mit Fug und Recht auch auf die gelatinöse Substanz der ganzen aufsteigenden Wurzel ausgedehnt werden darf. (Vgl. oben S. 201.)

Die Nervenfasern der grossen, sensiblen Trigeminuswurzel gehören zu den *feineren*, besitzen nur sehr dünne Markscheiden und sind deshalb schwer von der gleichfalls sehr feinen Faserung des Brückenarmes zu unterscheiden. Doch gestattet die verschiedene Verlaufsrichtung zumeist doch eine genügend genaue Sonderung. Medial schliesst sich an diese Wurzel das schmale aber aus *dickeren* Fasern bestehende, deshalb an Carminpräparaten hell aussehende und von den röthlichen Fasern der ersteren gut abstechende Faserbündel der *motorischen Trigeminuswurzel* (mV.). Diesem wiederum medial angelagert ist der *motorische Kern des Trigeminus*, eine ansehnliche Gruppe von multipolaren Ganglienzellen, welche durch ihre Grösse und gelbliche Pigmentirung auffallen. Verfolgt man an einer Reihe von Schnitten den Anschluss der motorischen an die sensible Trigeminuswurzel, so kann man sich davon überzeugen, dass die erstere die letztere überkreuzt und schliesslich an deren laterale Seite gelangt.

Die Schrägschnitte der *absteigenden gekreuzten Wurzel* (× abV.) nehmen ein noch grösseres Feld ein als weiter unten und sind öfters von dem hinteren Längsbündel, an welches sie sich anschliessen, nicht scharf zu sondern. (In Fig. 63 ist der Verlauf dieser Wurzel schematisch eingezeichnet.) Endlich ist hier auch der gekreuzte Ursprung aus der Raphe noch deutlich zu sehen.

Als ein neues (fünftes) zum Trigeminusursprung gehörendes Gebilde tritt hier die *absteigende Wurzel des Trigeminus* (abV.) hinzu, in Gestalt eines zwischen dem Bindearm und den bisher genannten Trigeminuskernen, in der Ecke des vierten Ventrikels liegenden kleinen halbmondförmigen Feldes. Aus diesem sehr charakteristisch aussehenden Felde von dicken Faserquerschnitten sieht man Fasern nach vorne umbiegen und sich der kleinen Trigeminuswurzel zugesellen (*Forel*).

Als sechste am Trigeminusursprung betheiligte Faserkategorie wären endlich Faserzüge aus dem lateralen Theile des Bindearmes zu erwähnen, welche sich nach *Meynert* der sensiblen Wurzel anschliessen sollen (Kleinhirnursprung des Trigeminus).

In nächst höheren Querschnittsebenen (entsprechend der Austrittsstelle des Trigeminus und der Abtrennung der Bindearme vom Kleinhirn) tritt nur mehr das periphere Verlaufsstück der *sensiblen Trigeminuswurzel* bis zur Austrittsstelle als compacter (an Carminpräparaten röthlich aussehender) Nervenfaserzug hervor, welcher die Brückenarmfaserung von innen und hinten nach aussen und vorne durchzieht. Die durch ihre helle Färbung besser markirte *motorische Wurzel* erscheint in mehrfache

Bündel gespalten, zum Theil noch in der hinteren Brückenabtheilung zwischen dem lateralen Ende der Schleifenschicht und dem Bindearm. Dort lagert ihr mitunter noch ein Rest des motorischen Trigeminuskernes an. Zum Theil findet sie sich auch innerhalb der Faserung des Brückenarmes in Form kurzer, zerstreuter Schrägschnitte.

Die Fasern der *gekreuzten, absteigenden Wurzel*, welche weiter unten das Längsbündel umgaben, sieht man jetzt dieses durchflechten, in der Raphe kreuzen und dann auf der anderen Seite zu einer in der lateralen Ecke des grauen Bodens liegenden Anhäufung von beim Erwachsenen dunkelbraun pigmentirten Ganglienzellen verlaufen (*Wernicke*). Die Anwesenheit dieser auf dem Querschnitt jederzeit sehr auffallenden Ganglienzellen, verräth sich auch am frischen Präparate durch eine dunklere Färbung des grauen Bodens, die den Namen des *Locus coeruleus* führt. Die Zellen des Locus coeruleus lassen sich oft sehr weit nach abwärts im grauen Boden nachweisen.

In Fig. 63 ist der Verlauf dieser Fasern eingezeichnet (× abV — l. c.).

Lateral vom Locus coeruleus sieht man in der gleichen Lage wie früher den schmalen Halbmond der *absteigenden Trigeminuswurzel.*

In den obersten Querschnitten aus dieser Reihe endlich finden sich von den zum Ursprung des Trigeminus gehörenden Gebilden nur mehr die Ganglienzellen des Locus coeruleus und die *absteigende Trigeminuswurzel*, an deren medialer Seite sich Gruppen eigenthümlicher, blasenförmiger Ganglienzellen, zumeist von bipolarer Gestalt (*oberer Trigeminuskern*) eingelagert finden. Die absteigende Trigeminuswurzel bleibt auch noch Bestandtheil der Querschnitte durch das Mittelhirn und endet erst im oberen Vierhügelpaare.

Wie bei der Beschreibung des Facialisursprungs, so dürfte es auch hier angezeigt erscheinen, den complicirten *Ursprung des Trigeminus* im Anhange an die Beschreibung der Querschnittsbilder kurz zusammenzufassen.

Die den Brückenarm durchsetzende Wurzel des Trigeminus besteht aus zwei deutlich trennbaren Faserbündeln, welche bekanntlich auch nach dem Austritte des Nerven noch gesondert bleiben. Das bei weitem dickere Bündel ist die sensible Wurzel des Trigeminus, welche ihren Ursprung herleitet: 1. zum allergrössten Theile aus der aufsteigenden Wurzel und mittelbar aus der dem Kopfe des Hinterhornes homologen gelatinösen Substanz (sensibler Kern) derselben; 2. aus Fasern, welche dem gekreuzten Locus coeruleus entstammen, und, über die Medianlinie tretend, sich ihrem Stamme zugesellen; 3. aus Fibrae rectae der Raphe, die sich den letztgenannten Faserzügen anschliessen; 4. aus dem Kleinhirn (?). Das dünnere Bündel ist die motorische Wurzel des Trigeminus. Sie bezieht ihre Fasern 1. aus dem motorischen Kern des Trigeminus; 2. aus der

absteigenden Trigeminuswurzel, deren Ursprung sich bis in die oberen Vierhügel verfolgen lässt.

Uebersicht des Faserverlaufes in der Brücke.

1. Die Pyramidenbahnen steigen ohne Faserabgabe auf, erhalten vielmehr, während sie von der Faserung der Brückenarme durchflochten werden, einen ansehnlichen Zuwachs von Längsfasern (aus den Brückenkernen), welche mit ihnen in den Grosshirnschenkel gelangen.

2. Die in den Strickkörper aufgenommenen Leitungssysteme (Kleinhirnseitenstrangbahnen, Faserzüge aus den unteren Oliven und aus der Formatio reticularis zum Theil wahrscheinlich weitere Glieder der Leitungssysteme in den Hintersträngen und Seitenstrangresten) verlassen jetzt völlig die Oblongata und treten in das Kleinhirn, wobei sich ihnen (vielleicht gleichwerthige) Faserzüge aus der gekreuzten oberen Olive anschliessen.

3. Die Längsfasern der Schleifenschicht steigen in ihrem immer hinter den Pyramiden gelegenen, wohlbegrenzten Felde aufwärts.

4. Medial von diesem Felde tritt ein neues Faserbündel von bisher nicht sicher gestellter Bedeutung auf, das in den medialen Theil des Grosshirnschenkels gelangt.

5. Im hinteren Theile des mittleren Feldes (dem Vorderstrangantheil) der Formatio reticularis entwickelt sich ein compactes Faserbündel, das hintere Längsbündel, welches zum grossen Theile die Bedeutung eines Verbindungsweges für verschiedene Nervenkerne (Kerne der Augenmuskelnerven) des grauen Bodens hat.

6. In den übrigen Theilen der Formatio reticularis sammeln sich die Längsbündel zu compacteren Massen und fangen an, zu einzelnen Marksträngen zusammen zu treten.

7. Die aus dem Kleinhirn heraustretende Brückenarmfaserung führt der Brücke einen ansehnlichen Ersatz für die durch den Abgang des Strickkörpers verlorenen Faserzüge zu. Sie findet in den Brückenkernen ihr vorläufiges Ende, ihre weitere Fortsetzung wohl in den Längsfasern der vorderen Brückenabtheilung, welche mit den Pyramidenbahnen in die Grosshirnschenkel eintreten.

Das Kleinhirn.

In dem vorangehenden Abschnitte sind bereits sämmtliche Verbindungen, welche das Kleinhirn mit den übrigen Theilen des Centralorganes aufweist, genannt worden. Es wurden die aus den *Strickkörpern* des verlängerten Markes sich entwickelnden *Kleinhirnstiele* (untere Kleinhirnschenkel) bis zu ihrem von vorne (unten) erfolgenden Eintritt in das Innere des Kleinhirns verfolgt und dabei als Bahnen bezeichnet, in denen Leitungssysteme aus dem Rückenmark entweder direkt, wie die Kleinhirnseitenstrangbahnen, oder nach Umschaltung in grauer Substanz, wie die Leitungssysteme aus den Hintersträngen, aufsteigen. Die lateral von den eben genannten, aus dem Kleinhirn hervortretenden *Brückenarme* (mittlere Kleinhirnschenkel) und die medial von diesen aus der Masse des Organes sich entwickelnden *Bindearme* (obere Kleinhirnschenkel) hingegen sind als Bahnen bezeichnet worden, welche den übrigen

Theilen des Centralorganes wieder gewisse Leitungssysteme aus dem Kleinhirn zuführen, — die Brückenarme der vorderen Brückenabtheilung, die Bindearme der später zu beschreibenden Haube des Mittelhirns.

Die Orte, wo im Kleinhirn die aus dem Rückenmark aufsteigenden Fasersysteme endigen, und die wieder dem Centralorgan zustrebenden neuen Fasersysteme entspringen, sind nur zum Theil bekannt, zum Theil noch in völliges Dunkel gehüllt. Das bisher feststehende allein soll bei der Darstellung des Faserverlaufes im Kleinhirn Platz finden, welche im Anschluss an die Beschreibung einiger Eigenthümlichkeiten des histologischen Baues dieses Organes erfolgen wird.

Wie das gesammte Centralnervensystem, so besteht auch das Kleinhirn aus grauer und weisser Substanz. Letztere nimmt den centralen Theil des Organes ein, bildet in den *Hemisphären* den *Markkern* derselben, in dem medialen Verbindungstheil der Hemisphären, dem *Wurme*, gleichfalls einen schmalen compacten Stock weisser Substanz, welcher den Namen *Corpus trapezoides* des Wurmes führt. Von diesen beiden Markkernen gehen nach allen Richtungen *Markleisten* in die Lappen, Läppchen und endlich in die sog. Randwülste des Kleinhirnes ab, wodurch auf den entsprechenden Schnitten die bekannten zierlichen Figuren entstehen.

An einem Sagittalschnitt des Wurmes bildet dessen schmaler Markkern, von welchem radienförmig die Markleisten (arbor vitae) abgehen, die Spitze des Zeltes, welches den vierten Ventrikel überdacht; er geht nach oben zu continuirlich in das schon genannte *vordere Marksegel* über. Dieses wird von den Randwülsten der Lingula bedeckt. Nach unten zu setzt sich der Markkern gleichfalls continuirlich in das von den Randwülsten des Nodulus überdeckte *hintere Marksegel* fort, welches hinter (über) den dem Kleinhirn zustrebenden Strickkörpern ausgespannt erscheint und mit einem freien halbmondförmig ausgeschnittenen Rande endet. An diesem Rande hängt die Tela choroidea des vierten Ventrikels, welche von einer direkten Fortsetzung des Deckenepithels des Ventrikels überzogen ist (Decke des Nachhirnes). Seitlich setzt sich das hintere Marksegel bekanntlich in einen schmalen Markstiel fort, der an der Flocke endet.

Sämmtliche Randwülste des Kleinhirnes, mögen sie die Oberfläche des Organes bekleiden, oder in die Tiefe der einzelnen Furchen versenkt sein, besitzen eine deckende Lage grauer Substanz, — die *Kleinhirnrinde*.

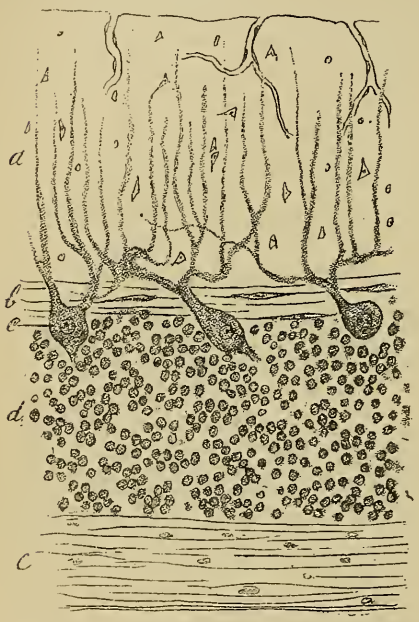
Schon makroskopisch kann man an dieser eine innere, durch einen eigenthümlich rothen Farbenton ausgezeichnete Schicht und eine äussere, mehr grau gefärbte Schicht unterscheiden. Mikroskopisch lässt sich die Rindensubstanz in *drei*, mit verschiedenartigen charakteristischen Elementen ausgestattete Schichten trennen.

1. Die äusserste, *graue Schicht* (feinkörnige Schicht) (Fig. 64, a.) enthält vorwiegend Elemente des Stützgewebes und zwar Radiärfasern, welche sich von der Oberfläche des Kleinhirns entwickeln und den

Müller'schen Stützfasern der Retina ähnlich erscheinen. Ausserdem enthält diese Schicht noch zahlreiche Körner, die in das Netzwerk der Hornspongiosa eingelagert sind, und in ihrer inneren Hälfte endlich ein wenig dichtes Flechtwerk markhaltiger Fasern, welches sich in die Nervenzellenschicht hinein fortsetzt.

Die nervöse Natur der genannten Körner ist durchaus fraglich. Das Faserflechtwerk wird erst bei Anwendung der *Exner'schen* Ueberosmiumsäure — Ammoniakmethode (vgl. unten) sichtbar.

Fig. 64.



Durchschnitt durch die *Rinde des Kleinhirns*. Nach *Meynert*. ($150/_1$).
a. Graue Schicht der Kleinhirnrinde. b. Querverlaufende feinste, markhaltige Nervenfasern derselben. c. *Purkinje'sche* Zellen. d. Körnerschicht. e. Markleiste.

An der Grenze der nächsten Schicht bilden diese Fasern eine schmale Lage, welche dadurch ausgezeichnet ist, dass hier die sehr feinen Nervenfasern concentrisch zur Kleinhirnoberfläche verlaufen (b.).

2. Die mittlere *Nervenzellenschicht* enthält bloss eine einfache Reihe grosser Ganglienzellen (*Purkinje'sche Zellen*), die somit sämmtlich an der Grenze von äusserer und innerer Schicht liegen und ihre verzweigten Fortsätze in beide hineinsenden (c.).

Diese immer sehr auffallenden, birnförmig gestalteten Zellen sind derart gelagert, dass sie mit ihrem dicken Ende in der Körnerschicht liegen. Von diesem Ende geht ein Fortsatz aus, welcher während seines weiteren isolirten Verlaufes zur Markleiste sich mit Mark umhüllt und zu einer dicken in die Markleiste eintretenden Nervenfaser wird. Er besitzt somit die Bedeutung eines Axencylinderfortsatzes. Das schmale Ende der Zellen ragt in die graue Schicht hinein und lässt gleichfalls einen dicken Fortsatz entstehen, welcher sich jedoch bald nach Art der Protoplasmafortsätze zu verästeln beginnt und zur Bildung eines die ganze graue Schicht erfüllenden Netzes feiner Nervenfäden beiträgt. Letztere anastomosiren zum Theil, oder senken sich umbiegend in die Körnerschicht ein. Dort werden sie gleichfalls Bestandtheile eines ausgebreiteten Nervenfasernetzes, von welchem aus sich in die Markleiste austretende feine Nervenfasern entwickeln. Die *Purkinje'schen* Zellen hängen somit auf doppelte Weise mit der aus dicken und dünnen Elementen bestehenden Faserung

der Markleiste zusammen, einmal durch den Axencylinderfortsatz (dicke Fasern), ein ander Mal durch die aus dem Nervennetz der Protoplasmafortsätze sich entwickelnden (feinen) Fasern (vgl. die Pyramidenzellen der Grosshirnrinde S. 297).

3. Die innere *Körnerschicht* (rostfarbige Schicht) besteht zum grossen Theile aus sehr zahlreichen, dicht gehäuften, runden oder spindelförmigen Zellen (d.). Der Kern dieser Zellen füllt den Zellkörper nahezu völlig aus, wodurch sie den Körnern der inneren Körnerschicht der Retina oder den in den Hinterhörnern des Rückenmarks niederer Thiere (Proteus anguineus) vorkommenden Körnern gleichen, welche die Bedeutung von Ganglienzellen haben.

Die gleiche Bedeutung kömmt diesen Zellen auch im Kleinhirn zu, umsomehr, als es nachgewiesen ist, dass von einer an zwei Stellen der Peripherie des Kernes sitzenden Anhäufung von Protoplasma je ein Fortsatz abgeht, dessen weitere Schicksale allerdings nicht bekannt sind.

Ausserdem enthält die Körnerschicht noch das von den *Purkinje-schen* Zellen stammende Fasernetz und ein Geflecht feiner, markhaltiger Fasern, aus dem sich radiär verlaufende, in die Markleiste eintretende Fasern entwickeln.

Zunächst der Körnerschicht findet man in der Markleiste eine Lage von der Oberfläche parallel verlaufenden Faserzügen, welche augenscheinlich je zwei benachbarte Läppchen mit einander zu verbinden bestimmt sind (Associationsfasern). Sie haben von *Stilling* den Namen *guirlandenförmige Faserzüge* erhalten.

Durch das Zusammenfliessen der verschiedenen Markblätter, welche in ihren Bestandtheilen eben geschildert worden sind, kommen die *Markkerne* zu Stande. Jedes dieser compacten Lager weisser Substanz umschliesst einzelne Anhäufungen grauer Substanz, von charakteristischer Lage und Gestalt, welche man an einem Horizontalschnitt durch das Kleinhirn sämmtlich zur Anschauung erhält. Das Kleinhirn ist beim Anlegen dieses Schnittes auf seiner breiten Fläche liegend betrachtet (Fig. 65).

Das Corpus trapezoideum, der *Markkern des Wurmes*, enthält zwei in der Mittellinie sich nahezu berührende graue Massen, die *Dachkerne* (aa.), welche grosse, vieleckige, pigmentirte Ganglienzellen enthalten. Diese sollen nach *Meynert* Aehnlichkeit mit jenen des *Deiters-schen* Kernes besitzen (S. 219).

Nach der Anschauung desselben Forschers stehen die innere Abtheilung des Kleinhirnstieles (oben als Bündelformation des *Deiters-schen* Kernes bezeichnet) und die Kleinhirnwurzel des Acusticus zu den Dachkernen in Beziehung, indem sie mit dem Strickkörper in das Kleinhirnmark treten und einwärts von den Bindearmen in den gekreuz-

ten (und ungekreuzten?) Dachkern gelangen. Ausserdem nehmen diese Kerne auch noch Faserzüge aus der Rinde des Wurmes (Wipfelblatt und Klappenwulst) auf. Auch aus dem Strickkörper tritt ein kleinerer Faserantheil in den Markkern des Wurmes, kreuzt hier die Mittellinie in der *grossen vorderen Kreuzungscommissur* (Fig. 65, c.) vor den Dachkernen oder bleibt ungekreuzt, und gelangt schliesslich in die Rinde des Wurmes (in jene des *Centralläppchens* und des *Berges*).

Nach experimentell-anatomischen Untersuchungsresultaten *Monakow's* ist es möglich, dass dieser Faserantheil der Strickkörper den Kleinhirnseitenstrangbahnen entspricht. Bei seinem schon oben angeführten Experimente (halbseitige Durchschneidung des Rückenmarkes im oberen Halstheile bei neugebornen Kaninchen, linke Hälfte) fand *Monakow* neben einer Verkleinerung der Kleinhirnstiele, welche zum grössten Theile auf Rechnung der verschwundenen Kleinhirnseitenstrangbahn zu setzen war, die Marksubstanz des Kleinhirnes, insbesondere in der Umgebung des linken Wurmes reducirt, Rinde und Mark des linken oberen Wurmes deutlich schwächer entwickelt als rechts.

Fig. 65.

Horizontalschnitt durch den *Markkern des Wurmes und der Hemisphären des Kleinhirns.* Nach *Stilling.* (1/1).

li. Quergeschnittene Gyri der Lingula. vi. Quergeschnittene Gyri des Vermis inferior. aa. Dachkern. gg. Theile des Kugelkerns. pf pf. Pfropf. dd. Nucleus dentatus oder Corpus ciliare. c. Grosse vordere Kreuzungscommissur des Wurmes.

In dem centralen *Mark der Hemisphären*, und zwar in der medialen Hälfte desselben sitzt ein der grossen Olive des verlängerten Markes vergleichbares, gezacktes Blatt grauer Substanz, wie diese, zu zwei Lamellen zusammengelegt, mit am Horizontalschnitt nach innen sehendem Hilus. Es heisst *Corpus dentatum sive ciliare* (Fig. 65), auch *Nucleus dentatus*, und besteht wie die Olive aus fein granulirter Substanz, in welcher sich zahlreiche gelb pigmentirte Ganglienzellen vorfinden. Auch die von der Olive her bekannte radiäre Streifung in Folge durchsetzender Nervenfasern ist zu sehen.

Endlich wird die Homologie dieses Kernes mit der Olive noch dadurch vervollständigt, dass sich medial von ihm zwei, gleichsam abgesprengte Stücke grauer Substanz vorfinden — *Pfropf* und *Kugelkern* (pf. und g.) —, vergleichbar den Nebenoliven.

Aus dem vorderen unteren Abschnitt des Hilus des Corpus ciliare treten Fasermassen aus, welche die Bindearme constituiren; sie heissen *intraciliare Fasern* (nach *Stilling*, dem wir unsere Kenntniss des Faserverlaufes im Kleinhirn zu danken haben).

An der Aussenfläche des Kernes hingegen inseriren sich die bei Beschreibung der Kleinhirnrinde erwähnten dicken Fasern, welche aus den *Purkinje'schen* Zellen in die Markleiste treten; — sie haben von *Stilling* den Namen *Vliessfasern* erhalten, weil sie zottenähnlich am Corpus ciliare hängen. Beide Fasergattungen (intraciliare und Vliessfasern) gehören wahrscheinlich einem durch die Bindearme in das Mittelhirn ziehenden Leitungssysteme an, in welches die Ganglienzellen des Corpus ciliare eingeschaltet sind.

Stilling hat ferner im Hemisphärenmark einen in den untersten Abschnitten desselben entstehenden Faserzug nachgewiesen, welcher bogenförmig über das Corpus ciliare hinweg nach vorne zu der Eintrittsstelle der Kleinhirnstiele zieht — *Tractus semicircularis.* Er wird durch Fasern aus den Markleisten und auch durch zahlreiche von der Aussenfläche des Corpus ciliare hinzutretende *extraciliare Fasern* gebildet, wächst dadurch von hinten nach vorne an Mächtigkeit und ist zum allergrössten Theile als Fortsetzung der Faserung des Kleinhirnstieles zu betrachten.

Ein kleiner Theil der Fasern des Tractus semicircularis schliesst sich vielleicht dem Bindearm an.

Ausser den bisher genannten Faserzügen enthält der Markkern der Hemisphären noch zahlreiche Nervenfaserbündel, welche augenscheinlich als Fortsetzungen der in den Markleisten bereits unterscheidbaren feinen Fasern (aus der Körnerschicht, den Protoplasmafortsätzen der *Purkinje'schen* Zellen) entstanden sind. Diese *Hemisphärenfasern* haben zu den grauen Massen des Markkernes keinerlei Beziehungen, sondern gehen zum grössten Theile in die Faserung der *Brückenarme* über.

Nach *Stilling* sollen sich ihnen auch noch extraciliare Fasern und ausserdem Faserzüge zugesellen, die im hinteren Theile des Corpus trapezoides sich kreuzen (hintere Kreuzungscommissur).

Uebersicht des Faserverlaufes im Kleinhirn.

1. Die mit dem Strickkörper in das Kleinhirnmark eintretenden Leitungssysteme finden ihr vorläufiges Ende zum Theile in der Rinde des Oberwurmes (Kleinhirnseitenstrangbahn?), zum grösseren Theile aber in der Rinde der Hemisphären, wohin sie auf dem Wege des Tractus semicircularis gelangen, und im Corpus ciliare durch die extraciliaren Fasern. Ein kleiner Theil der Fasern gelangt vielleicht auch auf dem Wege der intraciliaren Fasern in das Corpus ciliare.

2. Die durch die Bindearme das Kleinhirn verlassenden Leitungssysteme nehmen ihren Ursprung in der Kleinhirnrinde, als Vliessfasern der *Purkinje'schen* Zellen, setzen sich dann, das Corpus ciliare passirend, in die intraciliaren Fasern fort, welche die Hauptmasse des Bindearmes constituiren. Ihnen gesellen sich nur wenige extraciliare und wahrscheinlich auch Hemisphärenfasern bei.

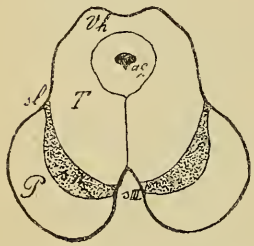
3. Die in den Brückenarmen enthaltenen Leitungssysteme entspringen nahezu ausschliesslich als Hemisphärenfasern aus der Kleinhirnrinde. Ihre Fasern zeichnen

sich vor jenen der Strickkörper und Bindearme durch das feine Kaliber aus. Es scheint demnach, als ob die beiden letztgenannten Brückenschenkel jene Leitungssysteme enthalten würden, welche aus dem verlängerten Mark und Rückenmark durch das Kleinhirn in das Grosshirn (vorerst Mittelhirn) aufsteigen, während der Brückenarmfaserung eine andere, selbständigere Bedeutung zukommen würde.

Das Mittelhirn.

Die untere Begrenzung des Mittelhirnes (der Vierhügelregion) ist durch einen am unteren Rande des unteren Vierhügelpaares geführten, das vordere Marksegel treffenden Querschnitt, die obere durch einen am oberen Rande des oberen Vierhügelpaares gelegten, zur Längsaxe des Organes senkrechten Schnitt gegeben.

Fig. 66.



Schematische Darstellung der Querschnitte durch das Mittelhirn.

P. Grosshirnschenkel. T. Haube. Vh. Vierhügel. aqu. Aquaeductus Sylvii. s. l. Sulcus lateralis. s. III. Sulcus oculomotorii. s. n. Substantia nigra.

Der untere Querschnitt trifft, wie schon oben gesagt, vorne noch die Brücke und trennt deren oberes Drittel ab; der obere Querschnitt trifft vorne die Grosshirnschenkel oberhalb der Austrittsstelle des Oculomotorius (Fig. 60, S. 221).

Gegenüber dem Rückenmarkstypus stellt sich an diesem Theile des Centralorgans bereits eine bedeutende Verschiedenheit der äusseren Gestalt heraus, nur der Aquaeductus Sylvii erscheint als ein dem Centralkanal des Rückenmarkes völlig homologes Gebilde — beide stellen die Reste der Höhlung des primitiven Medullarrohres dar, beide sind von centraler grauer Substanz, hier centrales Höhlengrau genannt, umgeben.

An der vorderen Fläche des Mittelhirns sieht man die beiden *Grosshirnschenkel* aus der oberen Wölbung der Brücke hervortreten, dann, mit ihren medialen Rändern einen Winkel von ca. 80° einschliessend, divergiren und in das Grosshirn sich einsenken.

Während des kurzen freien Verlaufes an der Hirnbasis nehmen sie merklich an Breite zu, so dass ihre lateralen Ränder stärker divergiren als die medialen. Vor dem Eintritt in das Grosshirn werden sie von den Tractus optici gekreuzt, doch fällt diese Kreuzungsstelle nicht mehr in das Mittelhirngebiet.

Wie aus der obenstehenden schematischen Fig. 66 ersichtlich ist, besitzt der Querschnitt des Grosshirnschenkels (P.) die Gestalt eines Halbmondes und wird von der medial und hinten angelagerten *Haube* (T.) durch die *Substantia nigra* (s. n.) getrennt.

Die Haube bildet die Fortsetzung der hinteren, durch den Hinzutritt der Bindearme vermehrten Brückenabtheilung, gerade so wie die Grosshirnschenkel die Fortsetzung der Längsfasern der vorderen Brückenabtheilung darstellen. Man pflegt deshalb auch beide Theile zusammen als Grosshirnschenkel zu bezeichnen und an diesen dann den Fuss (pes pedunculi) und die Haube (tegmentum) zu unterscheiden.

Zwischen den divergirenden Grosshirnschenkeln kommt die vordere Fläche der Haube als eine graue Platte zum Vorschein und führt hier den Namen der Lamina perforata posterior. In der Furche, welche von dieser und der medialen Fläche der Grosshirnschenkel gebildet wird, tritt die aus mehrfachen längsgerichteten Bündeln bestehende Wurzel des *Oculomotorius* heraus (Sulcus oculomotorii. s. III.).

Der Haube angelagert ist die *Vierhügelplatte*. Diese nur äusserlich mit weisser Marksubstanz bekleidete, im Innern ganz aus grauer Substanz aufgebaute Formation ist bekanntlich durch eine Kreuzfurche in vier Hügel, ein unteres (auch hinteres genannt) und ein oberes (auch vorderes genannt) Vierhügelpaar, getheilt.

Bei den meisten Säugethieren sind nur die unteren Vierhügel mit einem weissen Marküberzuge versehen, die oberen äusserlich grau.

Die Längsfurche der Vierhügel verläuft nach oben gegen den dritten Ventrikel, wird aber von diesem durch die quere Markleiste der *hinteren Commissur* geschieden (hier ist die Zirbeldrüse, Glandula pinealis, eingelagert); nach unten übergeht sie in einen dünnen weissen Markstrang, das Frenulum veli medullaris, welcher sich in das vordere Marksegel einsenkt. An diesem letzteren findet sich jederseits die Austrittsstelle des *Trochlearis*.

Von jedem Vierhügelpaare löst sich ein mit oberen Gehirntheilen in Verbindung tretender Fortsatz ab — die *Seitenarme der Vierhügel* (brachia lateralia s. conjunctiva). Die des unteren Vierhügelpaares senken sich in den *inneren Kniehöcker*, ein am oberen Ende des Sulcus lateralis der Seitenfläche des Mittelhirnes angelagertes Ganglion, die des oberen scheinbar in das *Pulvinar des Sehhügels* und weiterhin in den Tractus opticus.

Zu erwähnen ist endlich noch ein an der Seitenfläche des Mittelhirnes deutlich hervortretendes weisses Markfeld, das die erste äussere Bedeckung der hier sich einsenkenden Bindearme bildet. Es enthält Faserzüge (der Schleifenschicht), welche aus der hinteren Brückenabtheilung in die unteren Vierhügel treten; es heisst *Schleifenfeld*.

Behufs Beschreibung des inneren Aufbaues sei das Mittelhirn in zwei Querschnittsreihen zerlegt:

1. durch die unteren Vierhügel (mit Einschluss des vorderen Marksegels), und

2. durch die oberen Vierhügel.

1) Querschnittsreihe in der Höhe der unteren Vierhügel.

Die untersten Querschnitte dieser Reihe (Fig. 67) treffen noch den Vierhügel nicht, sondern nur das **vordere Marksegel,** welches den mittleren Theil des hinteren Randes der Schnitte einnimmt. Es bildet zugleich die hintere Begrenzung des Tförmig gestalteten Aquaeductus Sylvii.

Die *vordere Brückenabtheilung* zeigt mächtige Querfaserschichten mit schönen Kreuzungsbildern in der Medianlinie. Sie umschlingen die 4 oder 5, von vorne nach hinten platt gedrückten und reichlich von grauer Substanz umgebenen Bündel der Pedunculusbahn, und bilden mit ihrer oberflächlichen Schichte nicht allein den vorderen, sondern auch den ganzen seitlichen Rand der vorderen Brückenabtheilung. An den Präparaten findet sich keine künstliche Trennungsfläche der Brückenarme vom Kleinhirn mehr, denn die Querschnitte fallen über die Anlagerungsstelle der Brückenarme (vgl. oben S. 221) in die obere Wölbung der Brücke.

Fig. 67.

Querschnitt durch die *Brücke in der Höhe des vorderen Marksegels.* (2 mal vergrössert.)

P. Pedunculusbahn (verstärkte Pyramidenbahn). b. Bindearm. sch. Schleifenschicht. u. sch. Untere Schleife. m. P. Mediales Bündel des Grosshirnschenkels. h.l. Hinteres Längsbündel. ab.V. Absteigende Trigeminuswurzel. IV. Trochleariswurzel (Austrittsschenkel).

Die *hintere Brückenabtheilung* erleidet durch die hier erfolgende Einsenkung der bisher nur angelagerten Bindearme (b.) wichtige Veränderungen. An den Querschnitten sieht man diese mit ihrer charakteristischen halbmondförmigen Gestalt in die Masse der hinteren Brückenabtheilung hineingerückt und lateral bereits von anderen sofort zu nennenden Fasermassen bedeckt. Namentlich die vorderen Spitzen der beiden Halbmondfiguren nähern sich dabei der Medianlinie, wo sie in höheren Schnittebenen auch endlich zusammenstossen. Dabei ändert sich das sonstige Aussehen des den Bindearmen entsprechenden Querschnittsfeldes. Die schönen Querschnitte dicker Fasern verwandeln sich, zuerst in den medialen Antheilen in Schräg- und Längsschnitte von Fasern, welche man nach der Medianlinie verlaufen und dort mit den einen gleichen Verlauf nehmenden Fasern der anderen Seite sich kreuzen sieht. Es ist dies der Beginn einer *Kreuzung der Bindearme.*

Eine zweite wichtige Veränderung geschieht in der hinteren Brückenabtheilung dadurch, dass die *Schleifenschicht* (sch.), welche früher den vordersten Abschnitt derselben in seiner ganzen Breite einnahm, jetzt lateral einen nach hinten gerichteten Fortsatz entwickelt, der sichelförmig

gestaltet den Bindearmhalbmond lateral umfasst und nahezu das vordere Marksegel erreicht. Zwischen dem Bindearme und diesem neuen, zumeist aus Schrägschnitten bestehenden Felde findet sich immer ein trennendes Lager grauer Substanz. Der seitliche Fortsatz entspricht dem oben erwähnten äusserlich sichtbaren Schleifenfelde und bedeutet den Abgang einer ziemlich bedeutenden Fasermenge aus der Schleifenschicht in den Marküberzug des unteren Vierhügels. Daher die Bezeichnung *untere Schleife* (u. sch.). Ob diese sich übrigens wirklich nur aus vorher in der Schleifenschicht verlaufenden Fasern entwickelt, ist noch nicht erwiesen.

Die Schleifenschicht selbst zeigt noch immer ihre auffallenden Faserquerschnitte, zieht sich jedoch noch mehr, als im mittleren Drittel der Brücke von der Medianlinie zurück; deshalb tritt das *mediale Bündel des Grosshirnschenkels* (m. P.) noch deutlicher heraus (*Wernicke*).

Das *hintere Längsbündel* (h. l.) hat, wohl kenntlich an seinen breiten Faserquerschnitten und an dem hellen Aussehen, die Lage unter dem grauen Boden (jetzt centrales Höhlengrau des Aquaeductus Sylvii) beibehalten. Die beiden Flügel desselben verschmelzen in der Medianlinie und lassen an der Verschmelzungsstelle zweifellos Faserkreuzungen wahrnehmen, welche als auf die andere Seite übertretende Verbindungsfasern vom Abducenskern zum Trochlearis und Oculomotorius aufgefasst werden (vgl. oben S. 232). Medial von dem Halbmond des Bindearmes findet sich in Gestalt eines kleinen Feldes von nahe an einander gerückten Faserquerschnitten der schon oben erwähnte Faserzug von Längsbündeln der Formatio reticularis, welcher zur hinteren Commissur in Beziehung stehen soll. Der andere gleichfalls oben erwähnte Faserzug dieser Längsbündel hat sich den Bindearmen angeschlossen (*Wernicke*).

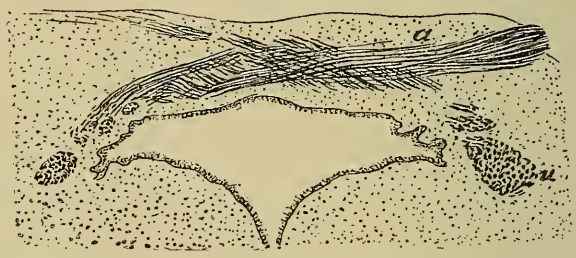
Zwischen dem lateralen Ende des Flügels des hinteren Längsbündels und der hinteren Spitze des Bindearmhalbmondes liegt die *absteigende Trigeminuswurzel* (ab. V.) in derselben Lage und Gestalt wie tiefer unten; an ihrer Innenseite finden sich die bläschenförmigen Ganglienzellen und einzelne pigmentirte Zellen des Locus coeruleus. Medial von ihr sieht man den Querschnitt eines dünnen, compacten Faserzuges, welcher in den weiter folgenden Schnitten in schräger Richtung nach innen verlaufend angetroffen wird. Nach einer knieförmigen Umbiegung tritt er in das vordere Marksegel, kreuzt dort den entsprechenden Faserzug der anderen Seite, und erscheint schliesslich einwärts vom hinteren Ende der Schleife an der Oberfläche.

Dieser Faserung ist der *Austrittsschenkel der Trochleariswurzel*. Der Uebergang des Ursprungsschenkels in den letzteren erfolgt bündelweise, ebenso wie die Kreuzung im vorderen Marksegel auch in einzelnen Bündeln erfolgt. An Säurefuchsinpräparaten gibt diese Kreuzung die schönsten Bilder (Fig. 68).

Vom Kern des Trochlearis und von dem Ursprungsschenkel seiner Wurzel ist an diesen Querschnitten durch das vordere Marksegel noch nichts zu sehen. Sie finden sich erst im Bereiche der unteren Vierhügel, mit denen vereint das vordere Marksegel, eben des Verlaufes der Trochleariswurzel wegen, beschrieben wurde.

In der durch die **unteren Vierhügel** fallenden Querschnittsreihe ist vor Allem die allmälige Loslösung der Pedunculusbahn von den sie bedeckenden und durchflechtenden Querfasern der Brückenarme zu beschreiben. Sie findet nach und nach, und zwar von der lateralen Seite aus statt, wo das sich zum Grosshirnschenkel umgestaltende Querschnittsfeld unter der oberflächlichen Querfaserschichte hervortritt (Fig. 69). Noch im Bereiche der unteren Vierhügel wird diese Loslösung eine vollständige, worauf der oberste Theil der Brückenarmfaserung in charakteristischer Zapfenform zwischen beiden Grosshirnschenkeln erscheint.

Fig. 68.



Querschnitt durch das *vordere Marksegel. Trochleariskreuzung.* (Säurefuchsinpräparat. 8mal vergrössert.)
u. Ursprungsschenkel. a. Austrittsschenkel der Trochleariswurzel.

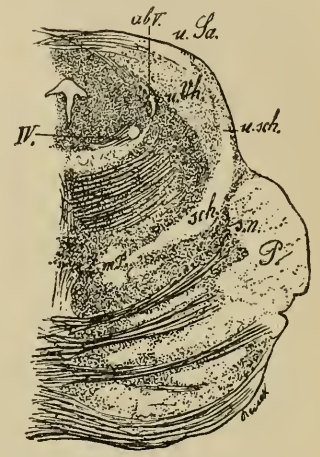
Der Querschnitt der Pedunculusbahn ändert bei seinem Uebergange in den Grosshirnschenkel insoferne sein Aussehen, als zahlreiche Septa (Stützsubstanz und Gefässe) das Gebiet seiner Faserquerschnitte zu feldern beginnen, und zwischen ihm und der Schleifenschicht eine nach und nach an Grösse wachsende Anhäufung grauer Substanz mit durch ihr dunkles Pigment sehr auffallenden, multipolaren Ganglienzellen erscheint — die *Substantia nigra (Soemmerringii)* (s. n.).

Die nach Abzug der Grosshirnschenkel übrig bleibenden Theile der Querschnitte gehören der *Haube* und den *unteren Vierhügeln* an. Die Haube ist an die Stelle der hinteren Brückenabtheilung getreten, und enthält durchaus nur Fortsetzungen der Faserzüge, welche wir bereits in der letzteren kennen gelernt haben.

Die *Schleifenschicht* (sch.) bleibt ziemlich unverändert; der rechtwinklig von ihr abgesetzte Theil aber, die *untere Schleife* (u. sch.), trennt sich allmälig völlig von ihr; die Schräg- und Längsschnitte der Fasern dieses letzteren Markfeldes treten in die dichte Markkapsel

der unteren Vierhügel ein (gelangen von da in deren Substanz). An der Grenze zwischen den unteren und oberen Vierhügeln sieht man einen zweiten nach hinten gerichteten Fortsatz der Schleife in die Substanz der Vierhügel eindringen; er steht zu den oberen Vierhügeln in der gleichen Beziehung, wie die untere Schleife zu den unteren, und heisst daher auch *obere Schleife* (vgl. unten S. 250). Das oben als *mediales Bündel des Grosshirnschenkels* (m. P.) bezeichnete compacte Faserbündel ändert nur wenig seine Lage, nur ist es jetzt noch deutlicher von der Schleifenschicht abgelöst, und liegt schliesslich, allseitig von grauer Substanz umgeben, medial von der Substantia nigra.

Fig. 69.



Querschnitt durch die *Mitte der unteren Vierhügel.* (2mal vergrössert.) P. Grosshirnschenkel. s. n. Substantia nigra. sch. Schleifenschicht. u. sch. Untere Schleife. m. P. Mediales Bündel des Grosshirnschenkels. u. Vh. Untere Vierhügel. u. Sa. Seitenarm der unteren Vierhügel. IV. Trochlearis-wurzel (Ursprungsschenkel). ab. V. Absteigende Trigeminuswurzel.

Der ganze hintere Rand und auch ein Theil des lateralen Randes der Querschnitte wird von den *unteren Vierhügeln* (u. Vh.) eingenommen. Dieses Gebilde zeigt sich vornehmlich aus grauer Substanz mit reichlich eingestreuten kleinen Ganglienzellen zusammengesetzt, enthält aber ausserdem zahlreiche Quer- und Schrägschnitte von Nervenfasern mit deutlichen Kreuzungsbildern in der Medianlinie. Die Hauptmasse dieser Fasern tritt in den Marküberzug der unteren Vierhügel, und gelangt von da nach oben und aussen ziehend in den *unteren Seitenarm* (u. Sa.). Dieser erscheint an den obersten Schnitten der Reihe als ein der hinteren lateralen Ecke der Vierhügel angelagertes, aus Schrägschnitten bestehendes Feld weisser Substanz.

Ein Theil der in der Vierhügelsubstanz enthaltenen Nervenfasern stammt wahrscheinlich aus der unteren Schleife und *Meynert* vermuthet deshalb einen durch die Ganglienzellen der Vierhügel vermittelten, vielleicht gekreuzten Zusammenhang der beiden genannten Faserkategorieen, so dass der Seitenarm des unteren Vierhügels als mittelbare Fortsetzung der unteren Schleife zu gelten hätte.

Vor dem, von centralem Höhlengrau umgebenen Aquaeductus Sylvii liegt an Grösse, Gestalt und Lagerung unverändert das *hintere Längsbündel.* Unmittelbar hinter diesem, noch im centralen Höhlengrau nimmt man an Querschnitten aus der unteren Hälfte der Reihe den kleinen runden Querschnitt des *Ursprungsschenkels der Trochlearis-wurzel* wahr, und kann hier mitunter nachweisen, dass sich ihm aus dem hinteren Längsbündel stammende Fasern anschliessen (*Duval*). An Querschnitten aus höheren Ebenen verwandelt sich dann der Wurzel-

querschnitt in medialwärts ziehende Schrägschnitte und Längsschnitte einzelner Fasern (Fig. 69), welche in eine dem oberen Ende der unteren Vierhügel entsprechende kugelige Gruppe von schwach gelblich pigmentirten, grossen Ganglienzellen einmünden — *Kern des Trochlearis* (IV.). In der Umgebung dieses Kernes finden sich immer einzelne zerstreute Ganglienzellen, welche von manchen Autoren dem Kerne zugerechnet werden.

Eine kurze Zusammenfassung der nun in ihrem Verlaufe von der Austrittsstelle bis zu ihrem Ursprungsorte verfolgten *Trochlearis-wurzel* ergibt: *Von dem im centralen Höhlengrau vor dem Aquäductus gelegenen Trochleariskern zieht die Wurzel erst nach unten und aussen, dann direkt nach unten bis zum unteren Rande der unteren Vierhügel, biegt hierauf knieförmig nach innen um, tritt in das vordere Marksegel, kreuzt in der Medianlinie die Wurzel der anderen Seite und verläuft zu der, an der hinteren Fläche des Marksegels befindlichen Austrittsstelle. Auf ihrem Wege erhält sie einen, im hinteren Längsbündel verlaufenden Faserzuwachs aus dem gekreuzten Abducenskern.* Entsprechend diesem gekreuzten Verlaufe fand *v. Gudden* nach Ausreissung des Trochlearis Atrophie des Kernes der entgegengesetzten Seite.

Lateral von dem centralen Höhlengrau liegt auch in dieser Querschnittsreihe noch immer die *absteigende Trigeminuswurzel* (ab. V.), und in der concaven Seite ihres Halbmondes die bekannten, bläschenförmigen, bipolaren Ganglienzellen.

Zwischen den bisher genannten, das centrale Höhlengrau umgebenden Theilen einerseits und der Schleife andererseits liegt die Fortsetzung der in Kreuzung begriffenen *Bindearme.* Die beiden Halbmondfiguren sind jetzt mit ihren vorderen Enden völlig zusammengeflossen, und stellen eine hufeisenförmige Figur dar, die *Wernicke-sche Commissur.* Bald erscheint das ganze Feld zwischen den beiden Bindearmen und diese selbst nur von Längsschnitten sich kreuzender Fasern erfüllt.

An der Grenze zwischen dem unteren und oberen Vierhügelpaare ist die Kreuzung der Bindearme nahezu vollendet; an ihrer Stelle erscheinen dann zwei nahezu runde Felder von Faserquerschnitten und zahlreichen Längsschnitten (Reste der Kreuzung), in der Medianlinie durch graue Substanz getrennt — *weisser Kern* (*Burdach*).

2) Querschnittsreihe in der Höhe der oberen Vierhügel.

Diese Querschnitte entsprechen völlig der oben (S. 242) stehenden schematischen Figur 66. Sie zeigen den vom centralen Höhlengrau umgebenen Aquäductus, dessen Lumen die Gestalt eines Dreiecks

mit unterer Spitze gewinnt: hinter diesem erkennt man die flachen Buckel der vorderen Vierhügel, am Seitenrande den Hirnschenkel, von der Haube durch den Sulcus lateralis (Fig. 70, s. l.) abgesetzt, und in diesen letzteren eingelagert, vom mittleren Drittel der Schnittreihe an den Querschnitt des *inneren Kniehöckers* (corpus geniculatum mediale s. internum) (i. kn.). Der vordere Abschnitt der Querschnitte wird durch die Grosshirnschenkel gebildet, an deren medialem Rande sich der Sulcus oculomotorii mit den austretenden Wurzelfasern dieses Nerven vorfindet.

Die untersten Querschnitte der Reihe unterscheiden sich von den obersten der zuletzt beschriebenen Reihe durch den Wegfall des Zapfens der Brückenfaserung. Die *Grosshirnschenkel* erscheinen deshalb durch eine breite Einsenkung getrennt, deren Boden der Haube angehört. Sie besitzen im Uebrigen das gleiche blättrige (gefelderte) Aussehen und sind nach hinten und innen von der bedeutend angeschwollenen *Substantia nigra* (s. n.) begrenzt. In höheren Ebenen umsäumt das halbmondförmig gestaltete Markfeld des Grosshirnschenkels dieses etwas zusammengeschobene Lager grauer Substanz, welches jetzt ausser den schon beschriebenen Ganglienzellen zahlreiche Querschnitte feiner, sich namentlich an ihrem hinteren Rande sammelnder Fasern enthält. Ausserdem aber sieht man auch zahlreiche Faserzüge aus dem Grosshirnschenkel in die Substantia nigra treten, welche an den Querschnitten in Gestalt von längsverlaufenden Fasern erscheinen und das blättrige Gefüge des Feldes stärker hervortreten lassen. Darüber, ob diese in die Substantia nigra ablenkenden Fasern zu den Ganglienzellen derselben gelangen, und ob sie sich durch Vermittlung dieser in die auf dem Querschnitt getroffenen feinen Fasern dieser Substanz fortsetzen, liegen keine bestimmten Angaben vor. Nur so viel ist sicher, dass das Markfeld des Grosshirnschenkels an Umfang verliert, während die Substantia nigra wächst.

Der Grosshirnschenkel erhält hier ferner einen Zuwachs durch den Hinzutritt des weiter unten, nach innen von der Schleifenschicht zusammengetretenen *medialen Bündels*, welches sich dem medialen Abschnitte des ersteren anlagert, und eine Strecke lang durch den vorwiegenden Gehalt an Schräg- und Längsschnitten von Fasern (Folge der stattfindenden Umlagerung) gut abgrenzbar bleibt. Weiter oben wird es dann von den Wurzelfasern des Oculomotorius durchbrochen und verschmilzt anscheinend mit der übrigen Hirnschenkelmasse.

Der Querschnitt des Grosshirnschenkels sieht am völlig entwickelten Organ ganz gleichmässig aus und gestattet nicht die Unterscheidung der verschiedenen, in ihm verlaufenden Fasersysteme. Dies gelingt vielmehr erst mit Hülfe der entwicklungsgeschichtlichen Methode und der Untersuchung secundärer Degenerationen, worüber später im Zusammenhange das Nöthige mitgetheilt werden soll (s. S. 284).

Die Masse der *oberen Vierhügel* gewinnt in den oberen Querschnittsebenen bedeutend an Umfang und übertrifft dann jene des unteren Paares. Dabei vertieft sich die Längsfurche zur Einlagerungsstelle der Zirbel.

Was den inneren Aufbau betrifft, gleichen die oberen Vierhügel im Allgemeinen den unteren, nur erscheinen hier die oberflächlichen und tiefen markhaltigen Fasern strenger gesondert.

Die *oberflächlichen* Fasern bilden ein Geflecht, welches als schmaler Marksaum die freie Fläche der Vierhügel bekleidet und zeigen in der Mittellinie ausgeprägte Kreuzung. Sie sind als die Anfänge des *oberen Seitenarmes* zu betrachten und stellen demnach eine Wurzel des Tractus opticus dar (vgl. unten).

Dieser oberflächliche Marksaum des oberen Vierhügelpaares ist nur bei Menschen und Affen zu finden; er fehlt bei den übrigen Säugethieren.

Von den *tiefen* Fasern ist eine Schichte durch graue Substanz von der Oberfläche geschieden und schliesst sich am lateralen Rande des Vierhügels gleichfalls dem oberen Seitenarm an. In ihr finden sich zerstreut sehr kleine, sternförmige Ganglienzellen, welche man als Ursprungszellen des Opticus ansieht.

Ein weiterer Theil der tiefen Fasern, welcher eine radiäre Streifung der Vierhügelsubstanz bedingt, stammt aus der *Schleifenschicht* und hat oben bereits Erwähnung gefunden, wo an der Grenze zwischen dem unteren und oberen Vierhügelpaare die Ablösung eines zweiten Faserzuges von der Schleifenschicht beschrieben wurde.

Es sind uns somit bereits zwei (vorläufige) Endstationen der Schleifenschicht aufgestossen, die erste, allerdings nicht unangezweifelte, im unteren Vierhügel durch die untere Schleife, die zweite im oberen Vierhügel. Der nach Abgabe der ersteren zurückbleibende Rest der Schleifenschicht führt nach *Forel* auch den Namen der *oberen Schleife*, und gibt dann den Faserzug zum oberen Vierhügel ab, welcher von manchen Autoren die gleiche Benennung erhalten hat (S. 247).

Der in der vorigen Schnittreihe (S. 247) an die Seitenfläche des unteren Vierhügels angelagerte Querschnitt des *unteren Seitenarmes* findet sich in den untersten Schnitten dieser Reihe an der gleichen Stelle; bei Verfolgung nach oben zu aber sieht man ihn nach und nach an der Seitenfläche des Präparates nach vorne, gegen den durch den Sulcus lateralis gebildeten Einschnitt rücken. Sobald in diesem dann der ovale Querschnitt des inneren Kniehöckers erscheint, senken sich die dicken markhaltigen Fasern des Seitenarmes, in mehrere Bündel getheilt, von hinten her in das Ganglion ein (Fig. 70, u. Sa.). Ob dies für sämmtliche Fasern gilt, bleibt fraglich.

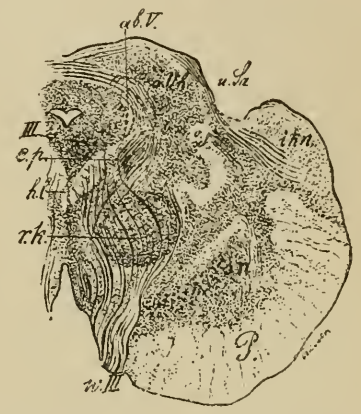
Der *innere Kniehöcker* (i. kn.) besteht aus grauer Substanz mit eingelagerten kleinen Ganglienzellen; er geht nach oben continuirlich in die Substanz des Sehhügels über, und ist von einer Markkapsel überzogen, welche vom Tractus opticus herstammt (vgl. unten).

Die bisher beschriebenen Theile umschliessen allseitig das Querschnittsfeld der *Haube*, in welchem sich dieselben Bestandtheile nachweisen lassen, wie vorher in der Höhe der unteren Vierhügel.

So vor Allem die Schleifenschicht, welche hier, wie schon erwähnt, auch *obere Schleife* (o. sch.) heisst. Sie hat sich noch weiter lateralwärts zurückgezogen und erscheint als ein hufeisenförmig gestaltetes Feld von Querschnitten dicker Fasern, welches dem lateralen Abschnitt der Substantia nigra von hinten anliegt. In unteren Schnittebenen sieht man von dem hinteren Schenkel dieses Hufeisens den Faserzug nach dem oberen Vierhügel abgehen.

Medial von der Schleifenschicht liegt jederseits der kreisrunde Querschnitt des Bindearmes nach vollendeter Kreuzung. An unteren Querschnitten der Reihe lassen sich noch Reste der Kreuzung nachweisen, und überwiegen die markhaltigen Faserquerschnitte (weisser Kern); an oberen Querschnitten aber werden diese durch zwischengelagerte graue Substanz in Bündel gespalten. Dadurch erhält das Feld ein getüpfeltes Aussehen und zeigt am frischen Präparate eine rothgraue Farbe. Es heisst von nun an *rother Kern der Haube* (r. k.).

Fig. 70.



Querschnitt durch das obere Drittel der *oberen Vierhügel*. (Zum Theil nach *Wernicke*. 2mal vergrössert.)

P. Grosshirnschenkel. o. Vh. Obere Vierhügel. s. n. Substantia nigra. i. kn. Innerer Kniehöcker. o. sch. Obere Schleife. u. Sa. Unterer Seitenarm, sich in den innern Kniehöcker einsenkend. r. k. Rother Kern der Haube. h. l. Hinteres Längsbündel. c. p. Haubenbündel aus der hinteren Commissur. ab. V. Absteigende Trigeminuswurzel. III. Kern des Oculomotorius. w. III. Oculomotoriuswurzel.

Die graue Substanz, durch deren Einlagerung das Feld des Bindearmes anschwillt, ist durch zahlreiche grosse, vielstrahlige Ganglienzellen ausgezeichnet, die von manchen Autoren als vorläufige Endpunkte der Bindearmfasern angesehen werden. *Forel* leugnet allerdings diese Beziehungen, und die bisher vereinzelt vorliegenden Befunde von secundärer Degeneration sind für ein solches Verhalten noch nicht entscheidend (vgl. unten S. 273).

Die beiden rothen Kerne rücken etwas von der Medianlinie ab und dadurch kommt wieder eine Raphe zur Entwicklung, welche, gerade so wie im verlängerten Marke, reichlich eingelagerte graue Substanz mit Ganglienzellen und zahlreiche, sehr feine Fibrae rectae aufweist. (Wegen ihrer Feinheit sind sie auf Fig. 70 nicht eingezeichnet.) Diese Fibrae rectae treten zum Theil aus dem centralen Höhlengrau, zum Theil entstammen sie Bogenfasern der Haube unbekannter Herkunft, verlaufen nach vorne und sammeln sich endlich zu einem medial von der Substantia nigra gelegenen schmalen Felde sehr feiner Faserquerschnitte, welches zwischen dem Grosshirnschenkel und dem medialen Einschnitt des Basaltheiles der Haube eine sichtbare Hervorbauchung bildet. Dieses Faserbündel soll, manchen Autoren zufolge,

nach oben zu in die Linsenkernschlinge übergehen und das cerebralwärts gelegene Glied des Leitungssystemes der im centralen Höhlengrau entspringenden Augenmuskelnerven darstellen.

Hinter den rothen Kernen liegen die das centrale Höhlengrau von vorne begrenzenden *hinteren Längsbündel*, unverändert an Gestalt; nur die Längsaxe ihrer Flügel ist jetzt von innen und vorne nach hinten und aussen gerichtet.

Lateral von ihnen findet sich das schon im Bereiche der hinteren Brückenabtheilung angedeutete, übrigens jetzt auch noch mangelhaft begrenzte Feld von Längsbündelquerschnitten, welches zur hinteren Commissur zieht — *Haubenbündel aus der hinteren Commissur* (c. p.). Es ist von zahlreichen Bogenfasern der Haube durchzogen (diese sind auf Fig. 70 etwas zu stark gezeichnet, um das Feld deutlich zu machen).

Nach hinten von diesen Feldern sieht man die beiden langgestreckten Halbmondfiguren der *absteigenden Trigeminuswurzel* (ab. V.), welche das centrale Höhlengrau lateral begrenzen; sie werden hier allmälig schmäler und verschwinden mit ihren medial anliegenden bläschenförmigen Ursprungszellen im Bereiche des oberen Drittels der oberen Vierhügel.

Es erübrigt noch die Beschreibung einer im centralen Höhlengrau gelegenen Zellensäule, die in Continuität mit dem Trochleariskern steht, und den *Kern des Oculomotorius* (Fig. 70, III.) darstellt. Dieser Kern besteht aus einer dem hinteren Längsbündel von hinten anliegenden Zellenanhäufung, deren vieleckige, gelblich pigmentirte Ganglienzellen nur zum Theile zu einer compacten Gruppe gesammelt sind, zum Theile zerstreut liegen und sich selbst zwischen den Fasern des hinteren Längsbündels vorfinden. Diese zerstreuten Zellen vermitteln einen Zusammenhang beider Nervenkerne in der Mittellinie.

Ein Theil der Fasern des hinteren Längsbündels tritt, wie an Horizontal- und Sagittalschnitten überzeugend nachzuweisen ist, in den Kern ein und soll sich nach *Duval* den Wurzelfasern des Oculomotorius von der medialen Seite anschliessen. Es sind dieselben Fasern, welche vom Abducenskern ausgehend sich dem hinteren Längsbündel angeschlossen haben, und, unter Kreuzung in der Mittellinie, auf die andere Seite gelangt sind.

Durch diesen von *Duval* und *Laborde* zuerst am Gehirn von Säugethieren gelieferten Nachweis einer gekreuzten Verbindung des Abducenskernes mit dem Oculomotorius wurde ein auf pathologische Erfahrungen und experimentelle Versuchsresultate gegründetes Postulat erfüllt. Man hatte nemlich gesehen (*Feréol, Wernicke*), dass auf die Gegend des einen Abducenskernes beschränkte Läsionen der Brücke nicht allein eine Lähmung des Musculus rectus externus der gleichen Seite, sondern zugleich eine Lähmung des Musculus rectus internus der anderen Seite bedingen, und war auf Grund dieser Thatsachen an die anatomische Erforschung der genannten gekreuzten Verbindung gegangen.

Aus dem im Bereiche der ganzen oberen Vierhügel in nahezu

gleich starker Entwicklung nachweisbaren Kerne treten bündelweise die charakteristischen Oculomotoriuswurzelfasern (w. III.) hervor, durchsetzen das hintere Längsbündel und verlaufen dann, einen schöngeschwungenen Bogen in der Querebene und zugleich in der sagittalen Ebene beschreibend, durch die Haube und den rothen Kern. Erst am medialen Rande des Grosshirnschenkels sammeln sie sich zu compacteren Bündeln und treten im Sulcus oculomotorii aus.

Wegen des in der Sagittalebene nach unten convexen Bogens (aufsteigender Verlauf), welchen die einzelnen Wurzelbündel beschreiben, erscheinen sie bei Verfolgung an successiven Schnitten zuerst nur in ihrem hinteren Abschnitte und zwar als ziemlich kurze Schräg- und Längsschnitte, dann erst in ihrem ganzen Verlaufe. Die nach aussen convexen Bogen der Wurzelbündel sind in der Mitte der oberen Vierhügel am stärksten gewölbt, nach oben zu werden sie immer flacher, bis schliesslich, nahe der hinteren Commissur, die noch vorhandenen Bündel nur medial vom rothen Kern verlaufen und sich wenig von der Raphe entfernen.

Die centralen Verbindungen des Oculomotorius werden, wie schon oben gesagt, wahrscheinlich durch die Fibrae rectae der Raphe dargestellt.

Nach Versuchen von *Gudden* würde jeder Oculomotorius Fasern aus beiden Kernen beziehen, denn nach Zerstörung eines Nerven am neugebornen Thiere atrophirt auf der gleichen Seite ein vorderer oberer Antheil des Kernes; der hintere untere Antheil desselben bleibt hier intact, atrophirt hingegen auf der gekreuzten Seite.

Uebersicht des Faserverlaufes im Mittelhirn.

1. Die Längsfasern der vorderen Brückenabtheilung (Pyramidenbahnen mit dem Faserzuwachs aus den Brückenarmen durch Vermittlung der Brückenkerne?) treten in den Grosshirnschenkeln zusammen und mit diesen in das Grosshirn. Von innen her schliesst sich ihnen das in der hinteren Brückenabtheilung medial von der Schleifenschicht entstandene compacte Bündel an und verschmilzt mit ihrer Masse. In der Substantia nigra erhält der Grosshirnschenkel ein Lager grauer Substanz, an das er einen Theil seiner Fasern abgibt, durchwegs Fasern, welche sich erst in der Brücke den Längsfasern zugesellt haben.

2. Der Verlust, welchen die aus dem Rückenmark aufsteigenden Leitungssysteme durch den Abgang des Strickkörpers in das Kleinhirn erlitten haben, wird hier durch den Hinzutritt der Bindearme ausgeglichen, welche aus dem Kleinhirn kommen und als indirekte Fortsetzungen des Strickkörpers zu gelten haben. Die Faserung der Bindearme erleidet eine vollständige Kreuzung und steigt dann, als rother Kern mit Ganglienzellen durchsetzt, in der Haube zum Grosshirn auf. Ihr schliessen sich aus der Formatio reticularis aufsteigende Längsbündel an.

3. Die Längsfasern der Schleifenschicht steigen, wie früher hinter den Pyramiden, so jetzt hinter dem Grosshirnschenkel, auf und treten zum Theil (?) in die unteren Vierhügel — untere Schleife — zum Theil in die oberen Vierhügel; der Rest verläuft als obere Schleife weiter aufwärts.

4. Die untere Schleife findet ihre indirekte (ob gekreuzte?) Fortsetzung im unteren Seitenarme der Vierhügel, mit dem sie zum inneren Kniehöcker gelangt (von da in den Tractus opticus — Commissura inferior?). Der aus der oberen Schleife zum oberen Vierhügel tretende Faserzug findet seine indirekte, wahrscheinlich gekreuzte Fortsetzung in dem oberen Seitenarm der Vierhügel, der sich seinerseits wieder in den Tractus opticus und in das Grosshirn fortsetzt.

5. Das hintere Längsbündel behält dieselbe Lage und Bedeutung wie vorher — Verbindungsweg zwischen Abducenskern und Trochlearis — Oculomotorius.

6. Von den Längsbündeln der Haube (Fortsetzung der Längsbündel der Formatio reticularis) tritt eine Zahl zu einem Faserzuge zusammen, welcher nach oben zu in die hintere Commissur übergeht.

Das Grosshirn.

Es zerfällt für die Beschreibung zweckmässig in zwei Theile: 1. den *Grosshirnstamm*, welchem die Grosshirnganglien angehören; 2. den *Grosshirnmantel* mit dem Hemisphärenmark und der Grosshirnrinde.

Der Grosshirnstamm.

Dieser Abschnitt des nervösen Centralorganes hat die Bedeutung einer Einlaufstation für die gesammten Nervenbahnen des Körpers, deren verschlungene Wege innerhalb der tieferen Theile uns bisher beschäftigt haben. Nur die Bahnen des Opticus und des Olfactorius haben sich bisher der Beschreibung entzogen.

Der Eintritt dieser Leitungsbahnen erfolgt von den letzten Sammelpunkten, den Grosshirnschenkeln und der Haube, aus, und zwar von jedem dieser Theile in verschiedener Weise.

Die im *Grosshirnschenkel* gesammelten Bahnen durchziehen den Grosshirnstamm ohne Unterbrechung und gelangen durch das Hemisphärenmark zur Grosshirnrinde. Nur ein kleinerer Theil derselben findet im Grosshirnstamm eine, wahrscheinlich definitive Endstation.

Die in der *Haube* zusammengelaufenen Bahnen hingegen schlagen nur zum kleineren Theile den direkten Weg in das Hemisphärenmark und zur Grosshirnrinde ein, zum überwiegenden Theile erleiden sie erst in einer Zwischenstation allerlei Umlagerungen und Umschaltungen, und laufen dann in die dem Grosshirnstamm eigenthümlichen grauen Massen — die *Grosshirnganglien* — ein. Auch dort finden sie nur ein vorläufiges Ende, indem sich aus den Grosshirnganglien wieder neue Glieder der betreffenden Leitungssysteme entwickeln, welche in das Hemisphärenmark eintreten und zur Hirnrinde gelangen.

Die *Grosshirnganglien*, d. i. die *Ganglien des Streifenhügels* — Linsenkern (nucleus lentiformis) und Schweifkern (nucleus caudatus) —

und die *Sehhügel* (Thalamus opticus) bilden nebst den in der Tiefe der Fossa Sylvii verborgenen *Inselwindungen* (Insula Reilii), welche entwicklungsgeschichtlich diesem Abschnitte angehören, die Hauptmasse des Grosshirnstammes. Dieser besteht somit grossen Theils aus grauer Substanz, an deren topographische Verhältnisse hier in aller Kürze erinnert werden soll.

Man stelle sich zu diesem Zwecke den mit den anhängenden Grosshirnschenkeln versehenen Stammtheil aus der ihn überdachenden Hemisphäre ausgeschält vor. Dies geschehe derart, dass man ein Messer an einer Stelle der vorderen Begrenzung der Insel einstösst und die Spitze des Messers dann über dem Dache des Seitenventrikels bis zu der oberen Fläche des Balkens hindurchführt und einerseits längs der Begrenzung der Insel, andererseits im Hemisphärenmark an den Balken sich haltend, den Grosshirnstamm umschneidet. Dadurch erhält man den Grosshirnstamm und die unmittelbar umgebende weisse Substanz als ein zur Untersuchung durch in verschiedenen Ebenen gelegte Schnitte geeignetes Präparat.

Nach *Wernicke* geschieht die Ausschälung des Stammtheiles am besten derart, dass man mit der Spitze des an gleicher Stelle eingestossenen Messers in das Lumen des Seitenventrikels bis über die Wölbung des Schweifkernes vordringt und dann die Schneide des Messers um die ganze Insel herumführt, während die Spitze des Messers immer entlang der bogenförmigen Krümmung des Schweifkernes sich bewegt.

Die laterale Fläche des dann völlig ausgeschälten Hirnstammes wird von den Windungen der Insel, die mediale von den Grosshirnganglien, insoweit sie äusserlich sichtbar sind, gebildet. Die vordere Fläche und die obere Fläche in ihrem lateralen Abschnitt ist künstlich vom Hemisphärenmark getrennt, die obere Fläche wird in ihrem medialen Abschnitt von den frei in den Ventrikel sehenden Schweifkern und Sehhügel gebildet. Die untere Fläche zeigt die graue Hirnbasis und seitlich die künstliche Trennungsfläche vom Schläfelappen, die hintere endlich das abgetragene Marklager des Hinterhauptlappens, das hintere Ende des Sehhügels und die anhängenden Theile des Mittelhirnes.

An solchen, in geeigneter Weise gehärteten Präparaten lassen sich in den drei Dimensionen (frontal, d. h. senkrecht auf eine Linie welche die Spitze des Stirnlappens mit der Spitze des Hinterhauptlappens verbindet, horizontal und sagittal) Schnitte anlegen, welche klaren Einblick in die Topographie der grauen und weissen Substanz des Grosshirnstammes gewähren.

Man sieht durch Combination der an den verschiedenen Schnitten erzielten Bilder, dass der *Linsenkern* und der, einen langgestreckten, nach oben convexen Bogen bildende *Schweifkern* nur *ein* grosses Ganglion, den *Streifenhügel*, darstellen, welches von den aus dem Grosshirnschenkel in das Hemisphärenmark ziehenden Fasermassen durchbrochen wird. Vorne und hinten nemlich fliessen die grauen Massen der beiden Kerne zusammen.

Vorne geschieht die Verschmelzung dadurch, dass das angeschwollene vordere Ende des Schweifkerns — *Kopf des Schweifkernes* — sich mit der an der Basis des Gehirnes liegenden Substantia perforata an-

terior in Verbindung setzt, die ihrerseits wieder mit dem vorderen Ende des Linsenkernes in Continuität steht; ausserdem aber finden sich hier noch zahlreiche Brücken grauer Substanz, welche, das zwischengelagerte Mark durchbrechend, eine direkte Verbindung der vorderen Enden beider Kerne herstellen.

Andererseits fliesst das hintere Ende des Schweifkernes (*Schweif des Schweifkernes*), welches sich nach unten zum Dache des Unterhornes umbiegt und an dessen Spitze als schmaler prominenter Streifen ausläuft, mit dem Schläfefortsatz des Linsenkernes zusammen.

Die freie Ventrikelfläche des Streifenhügels wird von dem keulenförmig gestalteten *Schweifkern* gebildet, der deshalb von den französischen Autoren als *noyau intraventriculaire du corps striée* bezeichnet wird.

An seiner medialen Kante findet sich bekanntlich die Stria cornea, mit seiner lateralen Kante erreicht er die seitliche Ecke des Ventrikels und setzt sich hier, wie Frontalschnitte aus dem Uebergangsgebiet zwischen Kopf und Schweif zeigen, mit einem hakenförmigen Fortsatz auch noch in den lateralen Theil des Ventrikeldaches fort.

Die bogenförmige Krümmung des Schweifkernes bedingt es, dass er auf gewissen Frontal- und Horizontalschnitten zweimal getroffen erscheinen muss.

In der Tiefe des Grosshirnstammes, nach unten und aussen vom Schweifkern liegt die Masse des *Linsenkernes*, die nirgends im Ventrikel frei zu Tage tritt und deshalb den Namen *noyau extraventriculaire du corps striée* erhalten hat.

Gleichwie der Schweifkern entfaltet der Linsenkern, welcher beiläufig die Gestalt einer dreiseitigen Pyramide besitzt, seine Hauptmasse nach vorne, und läuft hinten in eine schmale Kante aus. Nach aussen kehrt er eine etwas concave Fläche, nach innen eine Kante. Durch zwei Blätter weisser Substanz (Marklamellen), welche ihn von innen und oben nach aussen und unten durchsetzen, wird der Linsenkern in drei Theile — *Glieder* — geschieden, welche von innen nach aussen zu zählen sind. Das dritte äussere Glied ist das Hauptglied (putamen), insoferne als es das grösste ist und nach vorne, hinten und oben die beiden andern überragt. Es wird in den vordersten und hintersten Frontalschnitten, sowie in den obersten Horizontalschnitten allein angetroffen. Die beiden Innenglieder zeichnen sich durch ihre hellere, graue Farbe aus (globus pallidus). Ganz charakteristisch ist die Gestalt der Linsenkernpyramide in Frontalschnitten, welche alle drei Glieder treffen. Sie lässt sich am besten dem Sector eines Kreises vergleichen, dessen Centrum in der nach innen gerichteten Kante liegt. Die beiden inneren Glieder erscheinen durch eingeschriebene Kreisbogen von kleineren Radien von dem äusseren und von einander getrennt. Diesen Kreisbogen entsprechen die *Marklamellen* (laminae medullares), welche als *äussere* und *innere* bezeichnet werden.

Von dem hinteren Ende des dritten, äusseren Gliedes erstreckt sich ein aus grauer Substanz bestehender Fortsatz — der *Schläfefortsatz des Linsenkernes* nach unten bis an die Decke des Unterhornes und verschmilzt dort, wie oben bemerkt, mit dem Schweif des Schweifkernes.

Wichtig ist es nun, einen klaren Einblick in die topographischen Beziehungen der aus dem Mittelhirn nach dem Hemisphärenmark

ziehenden Fasermassen zu den bisher beschriebenen Grosshirnganglien zu gewinnen. Dieses aufsteigende Mark muss, um in die Hemisphäre zu gelangen, an der lateralen Ecke des Seitenventrikels vorbei, denn der Weg direkt nach aussen ist ihm durch die hier lagernde graue Masse des Linsenkernes versperrt. In der lateralen Ecke des Seitenventrikels aber, und zwar der ganzen Längenausdehnung derselben entsprechend, liegt der Schweifkern, welcher vorne und hinten mit dem Linsenkern zusammenhängt und desshalb bleibt nur ein Weg, nemlich der zwischen beiden Kernen hindurch, offen.

Die beiden Ganglien des Streifenhügels bilden gleichsam eine *Schlinge* für den Durchtritt der weissen Massen, welche dabei über den Linsenkern und unter dem Bogen des Schweifkernes, wie unter einem Joche, hinweg ziehen.

Dieser Schlinge ist von der medialen Seite der Sehhügel angelagert, derart, dass er mit seinem vorderen Ende den Kopf des Schweifkernes tangirt und mit seiner oberen lateralen Fläche dem Schweife desselben anliegt. Während er so mit dem oberen Antheil (Schweifkernantheil) der beschriebenen Schlinge in Contact tritt, steht er von dem unteren Antheil (Linsenkernantheil) derselben ab, und dadurch wird der Raum für den Eintritt der Faserung aus dem Mittelhirn geschaffen. Diese steigt demnach erst zwischen Sehhügel und Linsenkern auf, bevor sie in die Schlinge eintritt.

Der *Sehhügel*, im Allgemeinen eiförmig gestaltet und mit seiner Längsaxe schräg von innen und vorne nach hinten und aussen gestellt, besitzt eine obere Fläche, welche in den Seitenventrikel sieht, von Marksubstanz überzogen und daher weiss erscheint, ein vorderes, sich an den Kopf des Schweifkernes anlegendes Ende (*vorderer Höcker, Tuberculum anterius*), und ein hinteres Ende, welches als ein querer Wulst den dem Grosshirnstamm zustrebenden Hirnschenkel, die Vierhügelarme und den inneren Kniehöcker überlagert. Der von oben allein sichtbare Theil des Wulstes führt den Namen *Pulvinar*, eine laterale, von oben her nicht sichtbare Vorwölbung desselben ist der *äussere Kniehöcker* (corpus geniculatum laterale s. externum). Aus diesem entwickelt sich der Tractus opticus, welcher den Grosshirnschenkel von aussen umkreist und dann an der Hirnbasis mit dem der anderen Seite zum Chiasma convergirt. Der Grosshirnschenkel wird demnach vom Sehhügel und von dessen direkter Fortsetzung, dem äusseren Kniehöcker und dem Tractus nahezu ringförmig umschlungen. Die beiderseitigen Pulvinaria fassen die Vierhügel zwischen sich, bilden zum Theil die laterale Wand des Hinterhornes und enden in der weissen Substanz der Hinterhauptlappen.

Die mediale, durchaus graue und nahezu plane Fläche des Sehhügels ist von der oberen rechtwinklig abgesetzt und ausserdem durch

die an dieser Kante angelagerte *Stria medullaris thalami*, welche zur Zirbeldrüse zieht, von ihr geschieden. Die laterale, gegen den Linsenkern gerichtete Fläche ist nirgends frei.

Die unteren, etwas zugeschärften Ränder der Sehhügel erreichen nur vorne die Hirnbasis und fassen da die graue Bodencommissur zwischen sich; hinten werden sie von dem unterlagernden Grosshirnschenkel durch eine eigenartige, nach vorne allmälig verschwindende Formation getrennt, welche den Namen *Zwischenschicht* (stratum intermedium, *Wernicke*) oder *Regio subthalamica* (*Forel*) führt. Wir werden in ihr die direkte Fortsetzung der Haube des Mittelhirnes kennen lernen.

Fasst man die Markstrasse, welche aus dem Mittelhirn in die Hemisphären führt, jetzt nochmals in's Auge, so ist zu ersehen, dass sie zuerst zwischen dem Stratum intermedium und dem Tractus opticus, dann zwischen dem ersteren und dem ersten Linsenkerngliede, weiterhin zwischen dem Thalamus und den oberen Linsenkerngliedern und endlich zwischen Thalamus und Schweifkern einerseits und Linsenkern andererseits emporführt. Sie führt den Namen der *inneren Kapsel* (capsula interna), in Rücksicht dessen, dass dem Linsenkern auch von der lateralen Seite eine Schichte weisser Substanz anliegt, welche *äussere Kapsel* (capsula externa) heisst.

Die innere Kapsel wächst von unten nach oben in sagittaler Richtung, indem sie sich gleichsam fächerförmig entfaltet. Dabei bedingt die in der Horizontalebene dreieckige Gestalt des Linsenkernes eine nur auf Horizontalschnitten zum Ausdruck gelangende wichtige Formveränderung dieser zwischen die Grosshirnganglien eingeschobenen Markleiste. Das Linsenkerndreieck kehrt nemlich seine etwas convexe Basis nach aussen, die beiden Schenkel nach innen, gegen die innere Kapsel. Von diesen sieht der vordere und kürzere gegen den Kopf des Schweifkerns, dessen Längsaxe ihm parallel verläuft, der hintere, längere Schenkel gegen den Sehhügel, dessen Längsaxe mit der des Schweifkernkopfes den gleichen Winkel bildet, wie die beiden Schenkel des Dreiecks mit einander. Zwischen Linsenkern einerseits und Schweifkern-Sehhügel andererseits aber liegt die innere Kapsel; dieselbe muss daher eine ähnliche winkelige Knickung aufweisen und zerfällt demnach in einen zwischen Linsenkern und Schweifkern liegenden *vorderen Schenkel*, der kürzer ist, und einen zwischen Linsenkern und Sehhügel liegenden *hinteren Schenkel*, der länger ist. Die Umbiegungsstelle heisst *Knie der inneren Kapsel* (*Flechsig*).

Die Topographie der übrigen dem Grosshirnstamm zugehörenden Theile (Gewölbe, graue Bodencommissur mit den Corpora candicantia, dem Tuber cinereum und dem Chiasma, die Lamina perforata anterior und Lamina cinerea terminalis) sei als bekannt vorausgesetzt.

Histologische Structur der grauen Massen des Grosshirnstammes.

Die Grundlage für den Aufbau sämmtlicher Grosshirnganglien und zugleich die Ursache ihrer grauen Farbe ist feinkörnige Neuroglia mit zahlreichen Ganglienzellen. Die Unterschiede in der Intensität dieser grauen Farbe, welche sich allenthalben nachweisen lassen, stammen nur von dem grösseren oder geringeren Gehalt an markhaltigen Fasern her.

Der *Schweifkern* zeigt am frischen Präparate eine braunrothe Farbe. Seine graue Substanz enthält nach *Meynert* in geringer Zahl grosse multipolare Ganglienzellen, aus welchen äusserst feine Fasern entstehen sollen; in grossen Mengen hingegen kleine multipolare Ganglienzellen, und nach *Henle* auch noch eigenthümliche blasige Gebilde, welche mit ein- oder mehrfachen wandständigen Kernen versehen sind.

Von den drei Gliedern des *Linsenkernes* zeichnet sich das dritte, laterale, schon makroskopisch durch seine dunkelrothgraue Farbe aus, eine Folge seines geringen Gehaltes an markhaltigen Nervenfasern; die beiden Innenglieder hingegen verdanken ihre helle, gelblichgraue Farbe einer grossen Zahl radiär verlaufender Nervenfasern. Das dritte Glied zeigt dieselbe histologische Structur wie der Schweifkern; die Innenglieder weisen in sehr spärlichem Zwischengewebe zahlreiche gelbpigmentirte, multipolare und spindelförmige Ganglienzellen auf.

In den beiden Ganglien des Streifenhügels findet man nirgends deutlich gesonderte Anhäufungen von Ganglienzellen, welche die Bezeichnung von Kernen rechtfertigen würden. Dagegen besteht, wie *Wernicke* hervorhebt, eine ausgesprochene Aehnlichkeit in der histologischen Beschaffenheit des Schweifkernes und dritten Linsenkerngliedes einerseits und der Grosshirnrinde andererseits (vgl. unten). Beide Ganglien werden von dem compacten Bündel der *vorderen Commissur*, welches von dem vorderen Rande der Columnae fornicis bis in das Mark des Schläfelappens zieht, durchbohrt.

Der *Sehhügel* ist an seiner ganzen freiliegenden Oberfläche mit einer Lage weisser Substanz bekleidet — dem *Stratum zonale* — deren, namentlich an der oberen Fläche deutliche Markstreifen über das Pulvinar nach dem äusseren Kniehöcker convergiren und in den Tractus opticus treten.

Nur an seiner medialen Fläche, welche die Seitenwand des dritten Ventrikels (Fortsetzung des Aquaeductus Sylvii) bildet, ist er ausserdem mit dem *centralen Höhlengrau* überzogen, welches sich nach unten continuirlich in die graue Substanz des Ventrikelbodens, die *graue Bodencommissur*, fortsetzt. In dieser grauen Substanz liegen einzelne wichtige

Gebilde, die hier eine vorläufige Erwähnung, später erst eingehende Beschreibung finden sollen. Im hinteren Drittel findet sich, der medialen Kante des Sehhügels angelagert, eine Ansammlung von kleinen multipolaren Ganglienzellen, das *Ganglion habenulae* (*Meynert*), von welchem ein an entsprechenden Schnitten bereits makroskopisch wahrnehmbarer Faserzug nach unten in die Zwischenschicht abgeht — das *Meynert'sche Bündel*. Ausserdem steht dieser Kern noch mit der *Stria medullaris* in Zusammenhang.

Hinter dem Ganglion habenulae liegt die *hintere* (weisse) *Commissur*, welche bloss aus transversal verlaufenden markhaltigen Fasern besteht, im mittleren Drittel die *mittlere* oder *graue Commissur* (Commissura mollis) im Bereiche deren die graue Substanz der beiden Sehhügel zusammenfliesst. In dieser Commissur finden sich einzelne transversal verlaufende Nervenfasern und pigmentirte Ganglienzellen.

Das vordere Drittel endlich umschliesst mit seiner grauen Substanz das leicht herausschälbare Bündel der *Radix columnae fornicis* (absteigender Gewölbeschenkel), welches vom Corpus candicans zur vorderen Umrandung des Foramen Monroi aufsteigt, ausserdem aber das gleichfalls vom Corpus candicans entstehende und nach aussen und oben in den Thalamus eindringende *Vicq d'Azyr'sche Bündel* (aufsteigender Gewölbeschenkel). Die laterale Fläche des Sehhügels, welche vorne der inneren Kapsel, hinten (entsprechend dem Pulvinar) dem Hemisphärenmark anliegt, zeichnet sich durch ein Netzwerk grauer Substanz aus, in welches von allen Seiten Fasern einstrahlen. Es heisst die *Gitterschicht — Stratum reticulatum Arnoldi —*; medial schliesst sich dieser eine bereits der Substanz des Sehhügels angehörende Marklamelle an, die *Lamina medullaris externa*.

Der eigentliche Körper des Sehhügels besteht aus feinkörniger Zwischensubstanz mit zahlreichen Ganglienzellen, welche sich in drei durch zwischengelagerte Marklamellen unvollkommen geschiedene Gruppen — Kerne — (*Burdach*) sondern lassen. An Horizontalschnitten durch den obersten Theil des Sehhügels wird eine solche in sagittaler Richtung ziehende Lamelle — *Lamina medullaris interna* — sichtbar; durch sie wird der *innere* von dem *äusseren* Kern getrennt. Nach vorne zu spaltet sich diese Marklamelle und geht in das Stratum zonale mit zwei Schenkeln über, welche zur scharfen Abgrenzung eines *vorderen* oder *oberen Kernes*, den sie umfassen, dienen.

Der innere Kern steht mit dem centralen Höhlengrau in Zusammenhang, der äussere, grösste, enthält ausser kleinen Ganglienzellen zahlreiche, der Gitterschicht (inneren Kapsel) entstammende Radiärfasern, der vordere endlich weist grosse, sternförmige Ganglienzellen auf.

Das Gebiet des Pulvinar gehört dem äusseren Kerne an und lässt

gleichfalls eine deutliche radiäre Streifung sehen, welche zum Opticusursprung in Beziehung steht.

Als zum Sehhügel gehörig ist hier noch der *äussere Kniehöcker* anzuschliessen. Dieses herzförmig gestaltete Ganglion besitzt an Durchschnitten eine dunkelgraue Farbe, ein concentrisch geschichtetes Aussehen, und zeigt eine ähnliche radiäre Einstrahlung von Faserbündeln (die dem Tractus opticus entstammen) wie der Thalamus. Seine graue Substanz enthält sehr grosse, multipolare Ganglienzellen.

Zum Behufe der Darstellung des Zusammenhanges der einzelnen Theile des Grosshirnstammes wollen wir auf das oben (S. 255) beschriebene Präparat zurückgreifen. Es sei derart im Raume orientirt, wie es im unversehrten Gehirn steht, wenn die Verbindungslinie zwischen der Spitze des Stirnlappens und der Spitze des Hinterhauptlappens horizontal liegt. In dieser Lage wird das Präparat durch frontale Schnitte in eine Reihe von vier Segmenten zerlegt, welche zur Herstellung der zu beschreibenden *Frontalschnittreihen* dienen sollen. Die Abgrenzung der Segmente wurde willkürlich nach äusseren oder inneren Merkmalen vorgenommen. Der erste Schnitt trennt die Region des Pulvinar und den Kniehöcker ab, der zweite geht durch das vordere Ende der Zwischenschicht (äusserlich durch das Tuber cinereum markirt, der dritte endlich durch das Kapselknie.

Die sich so ergebenden Frontalschnittreihen betreffen somit

1. die Region des *Pulvinar* und den *Kniehöcker*;
2. die Region der *Zwischenschicht*;
3. die *Linsenkern-Sehhügelregion* (hinterer Schenkel der inneren Kapsel);
4. die *Linsenkern-Schweifkernregion* (vorderer Schenkel der inneren Kapsel).

1) Frontalschnittreihe in der Region des Pulvinar.

Wenn man durch das weisse Marklager des Hinterhauptlappens, von hinten nach vorne vorschreitend, Frontalschnitte legt, so trifft man bald auf das Lumen des Hinterhornes, welches durchaus von einförmiger weisser Substanz umgeben erscheint. Die erste Einlagerung grauer Substanz, welcher man bei weiterem Vorrücken der Schnittreihe begegnet, ist die Umbiegungsstelle des Schweifes des Schweifkerns, der das hintere Ende des Pulvinar lateral umschlingt, um an die äussere Wand des Unterhorns zu treten. Medial von ihm sieht man das weisse Faserbündel des Crus fornicis (hinterer Gewölbeschenkel) denselben Weg nehmen.

Noch einige Schnitte weiter nach vorne erscheint bereits das hintere Ende des Pulvinar an der äusseren Wand des Seitenventrikels, und an der lateralen, in das Hemisphärenmark eingesenkten Seite des ersteren, oben und unten je ein Querschnitt des bereits vor der Umbiegungsstelle, somit doppelt getroffenen Schweifes. Medial von dem oberen Querschnitt des Schweifes, zwischen ihm und dem Pulvinar findet sich der gleichfalls quer getroffene Markstreifen der Stria cornea und an diese sich anschliessend das Crus fornicis.

Sämmtliche hier genannte Gebilde liegen an der Aussenwand des Seitenventrikels; die Innenwand desselben (des Hinterhornes) wird nur von der Balkenstrahlung gebildet, welche eine unter dem Ependym des Ventrikels gelegene Schichte quer verlaufender Fasern darstellt.

Die das Pulvinar von der lateralen Seite umgebende Marksubstanz zeigt vornehmlich Querschnitte von Nervenfasern und lässt ausserdem den Eintritt reichlicher markhaltiger Fasern in das Pulvinar wahrnehmen, welche eine radiäre Streifung des letzteren bedingen. Dieses senkrecht zu dem Verlaufe seiner Fasern getroffene Marklager ist der Beginn eines mächtigen, aus dem Sehhügel und dem hinteren Theil der inneren Kapsel stammenden Faserzuges, welcher in die Rinde des Hinterhauptlappens ausstrahlt.

Da dies in sagittaler Richtung geschieht, erhält er den Namen eines *sagittalen Marklagers des Hinterhauptlappens* (*Wernicke*) und da seine Fasern das cerebralwärts gelegene Glied des Leitungssystemes des Opticus darstellen, heissen diese auch *Sehstrahlungen*. Weiter hinten liegen sie in der äusseren Wand des Hinterhornes, von diesem nur durch eine Schichte von Balkenfasern, das *Tapetum*, getrennt.

Geht man in der Betrachtung der Schnittreihe weiter, so treten bald die *beiden Kniehöcker* in Erscheinung und mit ihnen der *Ursprung des Tractus opticus.*

Das Pulvinar erscheint voluminöser, indem es nach der medialen Seite an Umfang gewonnen hat; ihm lagert an bekannter Stelle der obere Querschnitt des Schweifes an. Lateral vom Pulvinar sieht man das hintere Ende des dritten Linsenkerngliedes, meist aus zerstreuten, unregelmässig geformten Herden grauer Substanz bestehend. Zwischen beiden endlich findet sich ein Lager weisser Substanz mit zahlreichen Faserquerschnitten; es ist das hintere Ende der inneren Kapsel mit seinen in das Marklager des Hinterhaupt- und Schläfelappens umbiegenden Faserzügen.

Zahlreiche Fasern treten auch aus der inneren Kapsel in das Pulvinar und erscheinen, an den Schnitten in der Längsrichtung getroffen; sie bedingen die radiäre Streifung des letzteren.

Medial von dem unteren Ende der inneren Kapsel, unterhalb des Pulvinar und, wenn es gelang, den noch ausser Zusammenhang mit dem Grosshirnstamm befindlichen Grosshirnschenkel mit in die Schnitte zu bekommen, lateral von diesem, tritt in der Schnittreihe nach und nach der Ursprung des Tractus opticus auf. Man sieht diesen Nervenstrang sich aus der Markkapsel eines herzförmigen Ganglion entwickeln, welches aus regelmässig geschichteter grauer und weisser Substanz besteht. Dieses Ganglion ist der *äussere Kniehöcker.*

Nach innen und oben von diesem findet sich der Durchschnitt

eines zweiten Ganglion, des *inneren Kniehöckers* nemlich, dessen schon einmal, bei Beschreibung des Mittelhirnes gedacht worden ist (S. 250). Es erscheint jetzt während seines Anschlusses an den Sehhügel getroffen.

Noch einige Schnitte weiter vorwärts, und der äussere Kniehöcker verschwindet; an seiner Stelle sieht man die Wurzel des Tractus sich dem äusseren Rande des Grosshirnschenkels anlegen. Der innere Kniehöcker hingegen nimmt an Volumen zu und tritt hier erst recht voll in die Erscheinung.

Zwischen dem letzteren und dem ihn überlagernden Pulvinar des Sehhügels tritt der *obere Seitenarm* der Vierhügel ein, in Gestalt eines an der Eintrittsstelle abgeschnittenen, aus Längs- und Schrägschnitten bestehenden Faserzuges, mit der Verlaufsrichtung von innen und oben nach aussen und unten. Er gelangt so in ein zwischen der inneren Kapsel und dem äusseren Kniehöcker (und der Wurzel des Tractus) einerseits, dem Pulvinar andererseits gelegenes dreieckiges Markfeld (*Wernicke*), welches als Sammelpunkt der Opticusfaserung aufzufassen ist. Denn hier münden ausser diesem Faserzuge auch noch Fasern aus dem äusseren Kniehöcker ein, und gehen Fasern in das Pulvinar und die innere Kapsel (weiter in das sagittale Marklager des Hinterhauptlappens) ab.

Um die Beschreibung der Frontalschnitte aus dieser Region zu vervollständigen, sei noch erwähnt, dass lateral von dem Ursprung des Tractus und von dem äusseren Kniehöcker sich der untere Querschnitt des Schweifes, und weiterhin lateral von diesem das hintere Ende des dritten Linsenkerngliedes vorfindet. Nach aussen vom Linsenkern sieht man dann das schmale Marklager der *äusseren Kapsel*, an welches sich das graue Band des *Claustrum* (Vormauer) und endlich, den lateralen Rand der Schnitte bildend, die *Inselrinde* mit der unterliegenden weissen Substanz anschliesst.

Auch der Beziehungen des Mittelhirnes zu der beschriebenen Region des Grosshirnstammes möge noch in Kürze gedacht sein. Sie lassen sich dahin zusammenfassen, dass Mittelhirn und Grosshirn im Bereiche dieser Region nur an drei Stellen durch relativ unbedeutende Faserzüge verbunden erscheinen; der eigentliche Uebergang des einen Theiles in den anderen findet erst in der nächst vorderen Region statt.

Diese Faserzüge sind drei an der Zahl. Zwei, welche bereits beschrieben wurden, sind durch den in den *unteren Seitenarm* der Vierhügel eingelagerten inneren Kniehöcker und durch den *oberen Seitenarm* der Vierhügel gegeben. Ein dritter, sehr unbedeutender Faserzug tritt aus dem *lateralen Theile des Grosshirnschenkels*, während dieser dem äusseren Kniehöcker angelagert ist, und schliesst sich dem Tractus opticus an. Das Nähere über die Bedeutung dieses Faserzuges folgt

im nächsten Abschnitt, welcher eine übersichtliche Darstellung des Opticusursprunges enthält.

Ursprung des Opticus. Tractus und Chiasma.

Die gröbere anatomische und die histologische Untersuchung des Opticusursprunges, sowie des Faserverlaufes im Tractus opticus und im Chiasma gibt folgendes Resultat:

Von der Retina gelangen die Sehnervenfasern auf dem Wege des Nervus opticus zum Chiasma, wo sie mit denen der anderen Seite zusammentreffen. Hier lassen sich bei Untersuchung des Chiasma an Horizontalschnitten zahlreiche *Kreuzungsbilder* nachweisen, d. h. Fasern des einen Sehnerven gelangen in den Tractus der entgegengesetzten Seite; ausserdem aber kann man bei genauer Untersuchung von Schnittserien namentlich leicht in der oberen Hälfte des Chiasma (*Gudden*) seitliche, *ungekreuzte Bündel*, d. h. solche, welche aus dem Sehnerven in den Tractus derselben Seite gelangen, nachweisen. Ueber die sonstigen Beziehungen der gekreuzten und ungekreuzten Bündel gibt diese Methode keinen Aufschluss.

Auf dem Wege des die Grosshirnschenkel umschlingenden Tractus gelangen die Sehnervenfasern dann zu der Austrittstelle des letzteren, wo er sich in zwei *Wurzeln*, eine *äussere* und eine *innere* theilt. Während der Tractus den Hirnschenkel umzieht, gesellt sich ihm vorübergehend ein aus breiteren Fasern bestehendes, daher leicht unterscheidbares Bündel bei. Es führt den Namen *Meynert'sche Commissur*. Seine Bedeutung ist unbekannt, nur so viel ist sicher, dass es ausser den nachbarlichen keine Beziehungen zum Tractus hat.

Die *äussere Wurzel* des Tractus, welche die bedeutend stärkere ist, besitzt drei (vorläufige) Endstationen: den *äusseren Kniehöcker*, dessen Markkapsel sie bildet, und mit dessen Ganglienzellen sie in Beziehung tritt, dann die *oberen Vierhügel*, zu welchen sie, zwischen den beiden Kniehöckern hindurchtretend, auf dem Wege des oberen Seitenarmes gelangt, endlich das *Pulvinar des Sehhügels*, in dessen Stratum zonale Fasern sowohl direkt aus dem Tractus, als auch aus der Markkapsel des äusseren Kniehöckers, eintreten. Dieser letztere verhält sich somit wie ein eingeschobenes Ganglion (Spinalganglion).

In den genannten drei Ansammlungen grauer Substanz treten die Opticusfasern der äusseren Wurzel wahrscheinlich mit den dort vorfindlichen Ganglienzellen in Verbindung, welche Annahme die Bezeichnung derselben als *Kerne des Opticus* gestattet. Ob sämmtliche Opticusfasern den äusseren Kniehöcker passiren, bevor sie in die weiteren Kerne (Thalamus, Vierhügel) treten, ist nicht zu entscheiden.

Die *innere Wurzel* des Tractus geht direkt zum *inneren Kniehöcker*, in welchem ein Theil ihrer Fasern wahrscheinlich an Ganglienzellen tritt (und nach *Stilling* von da noch in den oberen Vierhügel gelangt); ein grösserer Theil jedoch zieht weiter durch den unteren Seitenarm zum unteren Vierhügel, wo er sich verliert. Es erscheint demnach auch der innere Kniehöcker gleichsam als ein in die Opticuswurzel eingeschobenes Ganglion.

Das centrale Glied des optischen Leitungssystemes nimmt nachweisbar aus den Radiärfasern des hinteren Thalamusendes, aus dem äusseren Kniehöcker und oberen Seitenarm des Vierhügels seinen Ursprung und wird durch das sagittale Marklager des Hinterhauptlappens repräsentirt, welches in die Rinde dieses Gehirntheiles ausstrahlt.

So werthvoll nun die Aufschlüsse, welche die einfache histologische Methode über den Ursprung und Verlauf der Sehnervenfasern gibt, an und für sich auch sind, so fehlt ihnen doch die nothwendige Vollständigkeit und Sicherheit. Sie erhalten diese erst durch die gleichzeitige Verwerthung pathologisch-anatomischer, noch mehr aber experimentell-anatomischer Untersuchungsresultate, die wir vor Allem *v. Gudden* zu danken haben.

Diese neueren Untersuchungen haben sämmtlich ihren Ausgang von der beim Menschen und bei Thieren (Affe, Hund, Katze), welche einen Theil des Gesichtsfeldes beider Augen gemeinsam haben, gleich sicher nachweisbaren Thatsache genommen, dass nach Zerstörung eines Tractus opticus nicht Blindheit des gekreuzten Auges, sondern Ausfall der dem verletzten Tractus ungleichnamigen Gesichtsfeldhälften beider Augen (homonyme bilaterale Hemianopsie) sich herausstellt. Bei Läsion des linken Tractus besteht Defect der rechten Gesichtsfeldhälften, oder, was das Gleiche bedeutet, es fehlt die Funktion der linken Netzhauthälften, bei Läsion des rechten Tractus die der rechten. Aus dieser Thatsache aber folgt mit Nothwendigkeit die Annahme einer *Partialkreuzung* der Sehnervenfasern im Chiasma, insoferne als aus jedem N. opticus Fasern in beide Tractus gelangen müssen. Die Beobachtung der Gesichtsfelddefecte an Mensch und Thier ergibt ferner auch schon, dass das im gleichseitigen Tractus centralwärts verlaufende, ungekreuzte Opticusbündel kleiner sein muss, als das gekreuzte.

Bei Untersuchung des Chiasma und Tractus von Menschen mit lang bestehender einseitiger Bulbusatrophie und in Folge dessen eingetretener Atrophie des diesem Bulbus zugehörigen Sehnerven gelingt in der That der Nachweis einer auf beide Tractus, allerdings in viel stärkerem Maasse auf den gekreuzten, sich fortsetzenden Atrophie. An dem gekreuzten Tractus lässt sich ein intactes Bündel, das ungekreuzte Bündel der anderen Seite, nachweisen. Ebenso konnte *v. Gudden*, wenn er bei neugebornen Thieren den einen Bulbus zerstörte, später völlige Atrophie des betreffenden Opticus, ausserdem aber partielle Atrophie beider Tractus, und zwar des gekreuzten in stärkerem Maasse, nachweisen.

Es gibt somit ein anatomisch darstellbares *gekreuztes* und ein *kleineres ungekreuztes Bündel* in jedem Tractus.

Wenn man am neugebornen Thiere den einen Bulbus exstirpirt und gleichzeitig den Tractus derselben Seite durchschneidet, so atrophirt das gekreuzte und ungekreuzte Bündel auf der verletzten Seite.

auf der entgegengesetzten jedoch nur das gekreuzte, so dass es später an dem erwachsenen Thiere gelingt (*Gudden*), den Verlauf des ungekreuzten Bündels zu sehen. Es verläuft in den oberen Theilen des Tractus, überschreitet beim Eintritt in das Chiasma das gekreuzte Bündel des anderen Tractus und legt sich im Opticus an dessen mediale Seite an.

Durch die Thatsache der mit der Tractusläsion ungleichnamigen Hemianopsie, sowie auf Grund von Untersuchungen der nach der Tractusdurchschneidung eintretenden Netzhautdegeneration, steht es fernerhin fest, dass das ungekreuzte Bündel sich nur in der äusseren (temporalen) Netzhauthälfte ausbreitet, und einen, wie es scheint, nach der Thiergattung verschieden grossen Theil derselben versorgt. Die beiden medialen Netzhauthälften gehören dem Ausbreitungsgebiet der gekreuzten Bündel an, und zwar beim Menschen bis zu einer durch die Macula lutea gezogenen Verticalen.

Die Fortsetzung der *Gudden'schen* Versuche hat noch weitere sehr wichtige, die centrale Endigung der Opticusfasern betreffende Thatsachen zu Tage gefördert.

Nach beiderseitiger Bulbusexstirpation entwickelt sich eine ausgesprochene Atrophie des *äusseren Kniehöckers*, des *Pulvinar* und des *oberen Vierhügels* (nach *Tartuferi* und *Ganser* atrophirt hier nahezu ausschliesslich die oberflächliche Faserschicht); der innere Kniehöcker hingegen und der untere Vierhügel bleiben völlig unversehrt, woraus zu erschliessen ist, dass nur die erstgenannten zu den *primären Opticuscentren* gehören, d. h. vorläufige Endstationen der optischen Fasern sind, die letztgenannten jedoch mit dem Sehorgan direkt nichts zu schaffen haben. Innerer Kniehöcker und unterer Vierhügel aber stellen, wie oben gezeigt wurde, vom anatomischen Standpunkte aus gleichfalls Endpunkte von Tractusfasern und zwar der inneren Wurzel desselben dar, was insolange einen Widerspruch involvirte, bis *v. Gudden* eine ausreichende Erklärung dafür fand.

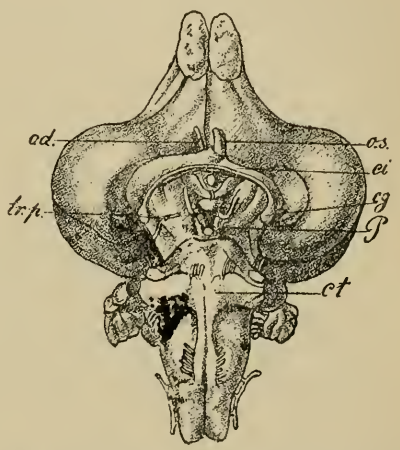
Der genannte Forscher entdeckte nemlich einen Faserzug, welcher die beiden Tractus nur bis zum Chiasma begleitet, dort nicht eintritt, sondern zu einer wahren Commissur des beiderseitigen Grosshirnstammes zusammenfliesst. Dieser Faserzug wird als direkte Fortsetzung der inneren Wurzel des Tractus angesehen und hat von *Gudden* den Namen *Commissura cerebri inferior* erhalten. Nach ein- oder beiderseitiger Enucleation der Bulbi tritt diese Commissur deutlich hervor (Fig. 71 c. i.), und ist bei Thieren mit verkümmertem Sehorgan (Maulwurf, Blindmaus) der einzige wohl entwickelte Theil des sonst ganz unscheinbaren Tractus, woraus sich noch überzeugender die Unabhängigkeit dieses Faserzuges von dem Sehorgan ergibt.

Wird die Commissura inferior an einer Stelle durchschnitten, so atrophirt sie als wahre Commissur nach beiden Seiten und man besitzt demnach in dieser Durchschneidung, wenn sie mit beiderseitiger Bulbusexstirpation combinirt wird, ein Mittel, um sämmtliche bisher genannten Bestandtheile des Tractus zur Atrophie

zu bringen. Ist dies geschehen, dann bleibt nach *v. Gudden* noch immer 1) das oben genannte dem Tractus nur anliegende Bündel der *Meynert'schen* Commissur, 2) der gleichfalls schon beschriebene Faserzug zurück, welcher vom lateralen Rande des Grosshirnschenkels sich dem Tractus opticus anschliesst. Im Grosshirnschenkel nimmt er einen aufsteigenden Verlauf und wird desshalb als direkter Hemisphärenursprung des Tractus aufgefasst. Er hat den Namen *Hemisphärenbündel des Tractus* erhalten.

Als letztes in gewissen Beziehungen zum Sehorgan, wenn auch nicht zum Tractus opticus, stehendes Gebilde bleibt noch ein gleichfalls von *Gudden* nachgewiesener, beim Menschen allerdings nur ausnahmsweise äusserlich sichtbarer, am Thiergehirn aber immer deutlicher Faserstrang zu erwähnen, der *Tractus peduncularis transversus* (Fig. 71 tr. p.). Er tritt als weisses Bündel am oberen Ende des oberen Vierhügels zu Tage, schlägt sich dann lateral um den Hirnschenkel herum und verschwindet am medialen Rande in der Substanz desselben, wo er nach innen von der Substantia nigra aufwärts zieht und unbekannt wo endet. Auch sein Verhalten zum oberen Vierhügel ist völlig unbekannt. Die Versuchsresultate *Gudden's* geben nur ganz unbestimmte Anhaltspunkte über die Beziehungen des Tractus peduncularis transversus zum Sehorgan. Nach Exstirpation des Bulbus bleibt er an der gekreuzten Seite bedeutend in der Entwicklung zurück; bei oberflächlicher Abtragung der oberen Vierhügel erleidet er keine Veränderung, atrophirt hingegen bei Abtragung der hinteren Theile des Sehhügels.

Fig. 71.



Kaninchengehirn. Entfernung des rechtsseitigen Bulbus oculi. Hirn von unten gesehen. Copie nach *v. Gudden.*
o.d. Opticus dexter. o.s. Opticus sinister. c.i. Commissura inferior. P. Grosshirnschenkel. c.t. Corpus trapezoides. c.g. Kniehöcker. tr.p. Tractus peduncularis transversus dexter.

Ueber den Verlauf des optischen Leitungssystemes von den primären Centren zur Grosshirnrinde gibt die experimentell-anatomische Methode vorläufig keinen Aufschluss. *Vulpian* und *Munk* machen allerdings die Angabe, dass sie nach Exstirpation des Bulbus eine leichte Atrophie des gekreuzten Hinterhauptlappens beobachtet hätten; *v. Gudden* und *Fürstner* jedoch erhielten nur negative Resultate, es gelang ihnen niemals, eine Differenz zu Ungunsten der gekreuzten Grosshirnhemisphäre nachzuweisen.

Als Grundlage der berechtigten Anschauung von der *Endigung* der aus den primären Opticuscentren in das Hemisphärenmark tretenden Faserung in der *Rinde des Hinterhauptlappens* können demnach vorläufig nur pathologische Beobachtungen am Menschen und das physiologische Thierexperiment dienen. Beide liefern den Nachweis, dass nach ausgedehnten Zerstörungen der Rinde oder des Marklagers des Hinterhauptlappens sich ungleichnamige Hemianopsie gerade so herausstellt, wie nach Läsion des zugehörigen Tractus; sie können somit den bisher nicht sicher gelieferten experimentell-anatomischen Befund ersetzen.

2) Frontalschnittreihe in der Region der Zwischenschicht.

In diese Region fällt der Uebergang des *Grosshirnschenkels* in die *innere Kapsel,* die Umwandlung der *Haube* des Mittelhirns in die *Zwischenschicht* (regio subthalamica) und der Uebergang der letzteren in die anderen Theile des Grosshirnstammes. Die Beschreibung der Schnittreihe muss desshalb ihren Ausgang von dem oberen Ende des Mittelhirnes nehmen, dessen einzelne, uns bereits bekannte Bestandtheile hier, wegen der geänderten Schnittebene, in etwas veränderter Gestalt, namentlich aber in anderem Zusammenhange mit den lateralwärts gelegenen Theilen erscheinen werden.

An Schnitten, welche durch das vordere Ende der oberen Vierhügel in der Frontalebene gelegt sind, trifft man den Aquäductus Sylvii bereits sehr weit, und nur lateral sowie unten von centralem Höhlengrau umgeben; oben wird er von einer Lage in der Medianlinie sich kreuzender Fasern geschlossen. Diese Fasern stammen aus dem Marküberzug der oberen Vierhügel und stehen wahrscheinlich durch die oberen Seitenarme derselben zu den Tractus optici in Beziehung.

Im centralen Höhlengrau finden sich die vorderen Enden der Oculomotoriuskerne, und unterhalb, zu beiden Seiten der Raphe, die mit ihrer Längsaxe noch stärker geneigten flügelförmigen Felder der hinteren Längsbündel. Weiter sieht man zu beiden Seiten der Raphe die flachen Bogen der Oculomotoriuswurzeln.

Der laterale Rand des oberen Vierhügels erscheint jetzt nicht mehr frei wie vorher, sondern ist mit dem Pulvinar verschmolzen, von ihm durch eine seichte Einkerbung unterscheidbar, welche der Eintrittsstelle des oberen Seitenarmes (s. oben S. 263) entspricht.

Einige Schnitte weiter nach vorne erscheint über dem Aquäductus die im Längsschnitt getroffene *hintere Commissur,* welche erst später beschrieben werden soll. Bald folgt dann die Eröffnung des dritten Ventrikels, und sobald dies geschehen ist, findet die dem Grosshirn eigenthümliche durchgreifende Trennung des Centralorganes in zwei symmetrische Hälften an den Schnitten ihren Ausdruck. An den Zusammenhang mit der anderen Hälfte erinneren nur eine künstliche Trennungsfläche im Balken und eine ebensolche in der grauen Bodencommissur.

Der Sehhügel (Fig. 72, S. 272) bildet mit den eben genannten Trennungsflächen den medialen Rand, und vom Balken überlagert den medialen Theil des oberen Randes der Schnitte. Zwischen ihm und dem Balken findet sich an letzterer Stelle das Lumen des Seitenventrikels und der Querschnitt des Gewölbes. Der laterale Theil des oberen Randes wird durch die Trennungsfläche des Hemisphärenmarkes gebildet, in welcher sich, der seitlichen Ecke des Seitenventrikels entsprechend, der Durchschnitt des Schweifkerns vorfindet.

Lateral werden die Schnitte von der Inselrinde, unten von einer Reihe von Gebilden begrenzt, welche von innen nach aussen aufgezählt folgende sind: der langsam in die innere Kapsel sich einschiebende Grosshirnschenkel, der Querschnitt des Tractus opticus, welcher successive, wegen seines nach innen gegen das Chiasma gerichteten Verlaufes mehr und mehr schräg getroffen wird, dann das Dach des Unterhornes mit dem eingelagerten unteren Durchschnitt des Schweifes des Schweifkernes, endlich die schmale Trennungsfläche des Hemisphärenmarkes vom Schläfelappen.

Das Verhalten der einzelnen im inneren Bereiche der Schnitte dieser Reihe vorhandenen Theile ist folgendes:

Der *Sehhügel* nimmt langsam an Umfang zu und lässt immer deutlicher die meist mehrfachen Laminae medullares internae und die Lamina medullaris externa mit der Gitterschicht wahrnehmen. Ausserdem wird in den vordersten Schnitten eine gegen die innere Kapsel gerichtete Radiärstreifung durch markhaltige Fasern deutlich. Der *Linsenkern,* welcher in den hintersten Schnitten nur durch sein drittes Glied vertreten erscheint, entwickelt nach und nach an seiner medialen Seite das zweite und erste Glied. Er gewinnt so seine charakteristische Gestalt und begrenzt die innere Kapsel an der lateralen Seite, so wie sie der Sehhügel an der medialen begrenzt. Im Bereiche dieser Schnittreihe findet sich ferner die hintere Verschmelzungsstelle des Schweifkernes mit dem Linsenkern. Man sieht, wie die Basis des Linsenkernes einen Fortsatz grauer Substanz erhält, welcher continuirlich in die von der grauen Bodencommissur stammende, an der Basis des Grosshirnstammes sich ausbreitende graue Substanz übergeht. Mit dieser aber vereinigt sich gleichzeitig das Ende des Schweifes und das Claustrum, so dass die sämmtlichen grauen Massen hier thatsächlich in Verbindung treten.

In diese graue Substanz eingelagert, und zwar immer unterhalb der Stelle, wo das dritte und zweite Linsenkernglied zusammenstossen, findet sich der rundliche Durchschnitt eines compacten Nervenfaserstranges, der überaus deutlich hervorzutreten pflegt. Es ist das hintere Ende der *vorderen Commissur* (Fig. 72 v. c.), die von hier aus in das Mark der Schläfelappen ausstrahlt und uns bis an das vordere Ende des Grosshirnstammes begleiten wird.

In der *grauen Bodencommissur,* welche als Fortsetzung der Raphe und der diese umgebenden grauen Substanz aus dem Mittelhirn in den Boden des dritten Ventrikels zu betrachten ist, tritt hier, schon äusserlich sichtbar, das *Corpus candicans s. mammillare* (Fig. 72 B., c. c.) auf. Dieses durch eine eigene Markkapsel nach allen Seiten scharf abgegrenzte Ganglion wird auch in seinem Inneren von zahlreichen Nervenfaserzügen durchsetzt, und sieht in Folge dessen nahezu weiss aus. Am Durchschnitt des Ganglion lassen sich nach *v. Gudden* in dieser weissen Masse Ganglienzellen, und zwar in zwei Gruppen gesammelt

nachweisen, deren Deutung und Abgrenzung übrigens nur auf vergleichend-anatomischem Wege — namentlich durch Vergleich mit dem Kaninchengehirn, wo die beiden Gruppen scharf gesondert sind — gelingt. Man unterscheidet darnach in diesem Ganglion ein *laterales*, aus grösseren Ganglienzellen zusammengesetztes und ein *mediales* Zellenlager.

Die das Corpus candicans überziehenden und durchsetzenden, dicken markhaltigen Nervenfasern treten von drei Seiten an das Ganglion heran, und zwar 1. von oben und vorne das *Vicq d'Azyr'sche Bündel*, 2. von vorne die *Wurzel des Gewölbes* (*radix columnae fornicis*), 3. von hinten der *Pedunculus corporis mammillaris*.

Das *Vicq d'Azyr'sche Bündel* (Fig. 72 B., V. Az.) — aufsteigender Gewölbeschenkel, *Meynert* — entspringt an der medialen Seite des Ganglions aus dessen Markkapsel und verläuft als ein compacter Strang durch das centrale Höhlengrau nach oben. Es wird desshalb eine Strecke lang im Längsschnitt sichtbar. Dann ändert es seine Verlaufsrichtung und zieht direkt nach vorne, wesshalb es an den vorderen Frontalschnitten dieser Region des Grosshirnstammes, dann wieder im Querschnitt erscheint. Das Bündel endet,wie später gezeigt wird, in dem vorderen Kern des Sehhügels, und steht andererseits, nach *v. Gudden*, nur zu dem medialen Zellenlager des Ganglions in Beziehung.

Die *Wurzel des Gewölbes* — absteigender Gewölbeschenkel, *Meynert* — erscheint in den vordersten Frontalschnitten dieser Region, sobald das Corpus candicans verschwindet, als dessen direkte Fortsetzung an gleicher Stelle im centralen Höhlengrau und setzt sich dann in die Säulen des Gewölbes (columnae fornicis) fort.

Auf Grund anatomischer und histologischer Untersuchungen wurde seit *Meynert* die Anschauung festgehalten, dass die beiden bisher genannten aus dem Corpus candicans entstehenden Faserbündel in Continuität stehen und somit beide dem Gewölbe angehören. Daher stammt auch die ältere Benennung des *Vicq d'Azyr'schen* Bündels als aufsteigender Gewölbeschenkel. *v. Gudden* hat jedoch auf experimentell-anatomischem Wege die Selbständigkeit der beiden Faserzüge erwiesen.

Exstirpirt man nemlich bei einem neugebornen Kaninchen die Hauptmasse der Grosshirnhemisphäre mit sorgfältiger Schonung des Ammonshornes (wo das hintere Ende des Gewölbes in die Fimbria cornu Ammonis ausläuft), so atrophirt das *Vicq d'Azyr'sche* Bündel zum grössten Theile, das Gewölbe und seine Wurzel aber bleiben intact. Mit dem Bündel geht auch das mediale Ganglion des Corpus candicans zu Grunde, das laterale bleibt unversehrt.

Wird hingegen bei Schonung der übrigen Hemisphärentheile nur das Ammonshorn entfernt (oder nur dessen Fimbria durchtrennt, oder auch (*Ganser*) das Gewölbe selbst im centralen Höhlengrau durchschnitten), so verschwindet die Wurzel des Gewölbes völlig durch Atrophie, das *Vicq d'Azyr'sche* Bündel aber bleibt unverändert.

Der *Pedunculus corporis mammillaris* ist ein am Kaninchengehirn bereits äusserlich an der Hirnbasis sichtbares, beim Menschen aber in

der Tiefe des centralen Höhlengrau verborgenes Nervenfaserbündel, welches sich von hinten in das Ganglion einsenkt und zu dessen lateralem Zellenlager Beziehungen hat. Nach *v. Gudden* stammt es aus der Haube des Mittelhirnes, legt sich dann der medialen Seite des Grosshirnschenkels an und wird von den Oculomotoriuswurzeln durchsetzt. Ueber seine Bedeutung ist nichts Sicheres bekannt geworden.

Das centrale Höhlengrau enthält noch ein zweites, gleichfalls mit hinzutretenden Nervensträngen ausgestattetes Ganglion, das *Ganglion habenulae* (Fig. 72 A., g. h.). Es tritt in der Frontalschnittreihe auf, sobald der obere Seitenarm des Vierhügels sich völlig in das Pulvinar eingesenkt hat, und liegt der lateralen Kante des Sehhügels an. Seine etwas hellere Färbung verdankt es einem bedeutenden Gehalt an Faserquerschnitten, zwischen denen nur kleine Häufchen grauer Substanz liegen. In das Ganglion habenulae tritt einerseits der von der Zirbeldrüse ausgehende, äusserlich sichtbare feine *Zierbelstiel* (pedunculus conarii), andererseits aber von unten her ein aus der Zwischenschicht stammender dicker Nervenfaserstrang, das *Meynert'sche Bündel* (*Forel*). Dieses nimmt in der Tiefe zwischen dem Sehhügel und dem centralen Höhlengrau seinen Weg (Fig. 72 A., M. B.).

Das *Meynert'sche* Bündel tritt anscheinend zum grössten Theile aus dem rothen Kern der Haube; seine Ursprungsfasern aber sind von *Forel* und *v. Gudden* bis zu einem, allerdings nur bei Thieren deutlich nachweisbaren, in der grauen Bodencommissur gelegenen Ganglion, dem *Ganglion interpedunculare* verfolgt worden. Nach Exstirpation des Ganglion habenulae atrophirt das *Meynert'sche* Bündel und seine Wurzel aus dem Ganglion interpedunculare. Beim Menschen liegen die dem letztgenannten Ganglion äquivalenten Zellenlager in der Decke des Foramen coecum anterius.

Sobald in der Schnittreihe das Ganglion habenulae verschwindet, tritt an seine Stelle der Durchschnitt der Stria medullaris, in welche ein grosser Theil der austretenden Fasern übergeht; ein anderer Theil gesellt sich sofort der Faserung des Stratum zonale zu.

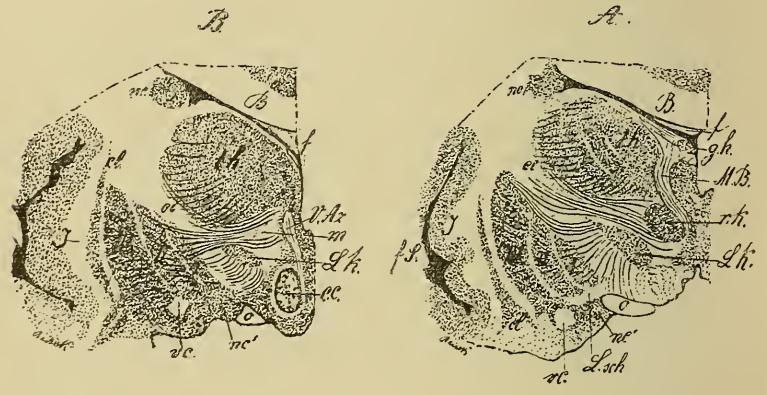
Mit der Beschreibung der im centralen Höhlengrau gelegenen Gebilde sind die schwierigen topographischen Verhältnisse der Frontalschnitte dieser Reihe wohl soweit klargestellt, dass zur Darstellung des *Ueberganges von Grosshirnschenkel und Haube in das Innere des Grosshirnstammes* geschritten werden kann. Dieser Uebergang findet im Allgemeinen in folgender Weise statt:

Der *Grosshirnschenkel* schliesst sich mit seinem lateralen Theile dem zwischen Pulvinar und drittem Linsenkerngliede gelegenen (schon bei Beschreibung der früheren Region erwähnten) Markfeld der *inneren Kapsel* an, und verschmilzt nach und nach mit diesem, wobei er seine charakteristische halbmondförmige Gestalt verliert und von der grauen Substanz des Ventrikelbodens bedeckt wird.

Die dem Grosshirnschenkel anlagernde *Substantia nigra* verliert

rasch von der lateralen Seite an Masse und verschwindet schliesslich völlig; an ihre Stelle (medial und über der Grosshirnschenkelfaserung) tritt eine neue graue Formation, der *Luys'sche Körper* (L. K. Fig. 72 A. u. B.). Der *rothe Kern* endlich und das *hintere Längsbündel* bleiben noch eine Strecke lang nachweisbar, verschwinden aber dann durch fortlaufende Faserabgabe gleichfalls. Die Region, innerhalb deren diese, von der Beschreibung des Mittelhirnes wohl noch in Erinnerung gebliebenen Haubenbestandtheile solche Veränderungen erleiden, ist die schon erwähnte *Zwischenschicht,* so genannt, weil sie den Uebergang der Haubenfaserung in den Grosshirnstamm, speciell in die innere Kapsel, in den Linsenkern und in den Sehhügel vermittelt.

Fig. 72.



Frontalschnitte durch die Region der *Zwischenschicht* (etwas verkleinert).

A. Etwa durch die Mitte, entsprechend dem Ganglion habenulae. B. Durch das vordere Drittel, entsprechend dem Corpus candicans.

B. Balken. f. Gewölbe (fornix). III. II. I. Glieder des Linsenkernes. th. Sehhügel. c.i. Innere Kapsel. c.e. Aeussere Kapsel. cl. Claustrum. f.S. Fossa Sylvii. n.c. Oberer Durchschnitt des Schweifes des Schweifkernes. n.c.' Unterer Durchschnitt desselben. J. Inselrinde. v.c. Vordere Commissur. o. Tractus opticus. r.k. Rother Kern. g.h. Ganglion habenulae. M.B. *Meynert'sches* Bündel. L.K. *Luys'scher* Körper. L. sch. Linsenkernschlinge. c.c. Corpus candicans. V. Az. *Vicq d'Azyr'sches* Bündel. m. Markfeld der Zwischenschicht.

Die Bedeutung, welche diesen bisher nur ganz im Allgemeinen dargestellten Veränderungen innewohnt, lässt sich zum Theil wenigstens durch das Studium lückenloser Schnittserien (*Forel, Wernicke*) und mit Hülfe der entwicklungsgeschichtlichen Methode (*Flechsig*) ergründen.

Untersucht man die Frontalschnittreihe, mit den hintersten Schnitten beginnend, so fallen zuerst mächtige Faserzüge auf, welche aus dem *rothen Kern* nach aussen zum Sehhügel ziehen und zu dessen *Laminae medullares internae* werden. Das gleiche Loos trifft, nach der Anschauung einzelner Autoren (*Wernicke*), die Faserung der *oberen Schleife*, denn sie lenkt mit allerdings etwas weniger deutlich nachweisbaren Faserzügen gleichfalls in den Sehhügel ab und scheint vornehmlich

in dessen *Lamina medullaris externa* einzutreten. Die Anlagerung des hufeisenförmigen Schleifenfeldes mit seinen breiten Faserquerschnitten an den Sehhügel und an dessen Lamina medullaris externa tritt an gewissen Schnitten wenigstens sehr deutlich hervor. Doch ist es nicht ausgeschlossen, dass ein grosser Theil der Schleifenfasern durch die innere Kapsel in den Linsenkern gelangt.

Auch jenes Faserbündel, welches früher als ein über (hinter, an Querschnitten) dem rothen Kern gelegenes, undeutlich begrenztes Querschnittsfeld erschienen war, verlässt die Haube, und holt sich hier die Berechtigung zur Führung des ihm schon oben (S. 252) verliehenen Namen eines „Haubenbündels aus der hinteren Commissur"; seine Fasern verlaufen nach innen und werden über dem Aquaeductus Sylvii zur *hinteren Commissur*. Dort kreuzen sie sich mit dem gleichen Faserzuge der anderen Seite und können dann bis in den gekreuzten Sehhügel verfolgt werden, in dessen *inneren Kern* sie nach *Meynert* einlaufen. *Wernicke* bezeichnet diese Faserzüge, welche übrigens nicht allein die hintere Commissur bilden, als „gekreuzter Haubenursprung aus dem Sehhügel". Einen zweiten Bestandtheil der hinteren Commissur bildet bekanntlich das untere Markblatt der Zirbel.

Weitere Frontalschnitte, an denen das Schleifenfeld bereits verschwunden ist, lassen fortwährend starke Faserzüge wahrnehmen, welche vom äusseren und oberen Rand des rothen Kernes in den Sehhügel und jetzt auch in die *innere Kapsel* treten (Fig. 72 A) (Haubenstrahlung der inneren Kapsel, *Flechsig*); ausserdem aber tritt an der medialen Seite des rothen Kernes das uns schon bekannte *Meynert'sche Bündel* in Erscheinung und zieht zum Ganglion habenulae.

Auf diese Weise wird der rothe Kern nach und nach reducirt, verliert seine charakteristische graue Substanz und wird nach völligem Verluste derselben Bestandtheil eines der unteren Fläche des Sehhügels anliegenden, nicht scharf begrenzten Markfeldes (Fig. 72 B., m.). Aus diesem Felde sieht man Faserzüge in die Lamina medullaris externa des Sehhügels und in die innere Kapsel treten: namentlich fällt aber ein starker Faserzug in's Auge, welcher am unteren Rande des Thalamus lateralwärts verläuft und die innere Kapsel quer durchsetzend in den Linsenkern gelangt, zu dessen Radiärfasern er wird (Haubenbündel aus dem Linsenkern, *Wernicke*).

Durch einen Befund von secundärer Degeneration des Bindearmes (*Mendel*) in Folge einer Läsion im Pulvinar des Sehhügels ist ein weiterer Nachweis über die Endigung eines Theiles der Bindearmfaserung an dieser Stelle erbracht worden. Im rechten Bindearm, und zwar vom Corpus dentatum angefangen, fand sich ein secundär degenerirter Strang, welcher sich in den linken weissen Kern und dann am unteren inneren Rande des rothen Kernes bis in den Sehhügel verfolgen liess, wo ein erbsengrosser, alter hämorrhagischer Herd seinen Sitz hatte.

Läsionen des Linsenkernes hingegen führen nach *Flechsig* nicht zu Degeneration des Bindearmes; die aus dem oben beschriebenen Markfelde in den Linsenkern ziehenden Faserbündel scheinen demnach mit der Bindearmfaserung nicht in direktem (bloss in indirektem, durch Zellen vermitteltem) Zusammenhang zu stehen.

Gleich dem rothen Kern verschwindet auch ein zweiter Bestandtheil der Haube, das *hintere Längsbündel* im Bereiche der Zwischenschicht. Ueber die Art seines Verschwindens ist bisher wenig bekannt geworden. Manche Autoren (*Wernicke*) nehmen an, dass es durch successive Faserabgabe an die gleich zu erwähnende Linsenkernschlinge (und zwar unter Kreuzung in der Medianlinie) sich erschöpfe; andere Autoren (*Flechsig*) halten diese Thatsache nicht für erwiesen.

Die *Linsenkernschlinge* (Fig. 72 A., L. sch.), ein weiterer wichtiger Bestandtheil der Zwischenschicht, entsteht in noch nicht völlig klargelegter Weise durch das Zusammenfliessen verschiedener Fasermassen und bildet ein undeutlich begrenztes Markfeld über dem medialen Theile des Grosshirnschenkels. Dieses Feld nimmt auch die im Bereiche des Mittelhirnes, medial vom Fusse, zusammengetretenen Faserbündel (S. 251) auf.

Es geht dann in zahlreiche feine Nervenfaserzüge über, welche nach aussen verlaufen, das laterale Gebiet des Grosshirnschenkels, zum Theil auch die innere Kapsel durchsetzen, und sich an der Basis des Linsenkerns, unterhalb der Innenglieder, zu einer compacten Fasermasse sammeln. Diese letztere tritt in die beiden (inneren und äusseren) Marklamellen des Linsenkernes ein.

Im Gehirn nahezu reifer Embryonen treten die durchaus markhaltigen Fasern der Linsenkernschlinge sehr deutlich hervor, und bei solchen lässt sich dann auch der Anschluss einzelner aus der Markkapsel des *Luys'schen* Körpers stammender Faserzüge an die Linsenkernschlinge überzeugend nachweisen.

Das rasche Verschwinden der *Substantia nigra* beim Uebergang der Haube in die Zwischenschicht erscheint bei näherer Untersuchung als Folge des Austrittes einer grossen Zahl sehr feiner, kaum markhaltiger Nervenfasern. Sie treten aus der Substantia nigra in den Grosshirnschenkel und feldern dessen medialen Abschnitt in der schon bekannten Weise. Ihre bogenförmig geschwungene Verlaufsrichtung tendirt nach dem Linsenkerne.

Sobald die Substantia nigra verschwunden ist, tritt an ihre Stelle in der Zwischenschicht der *Luys'sche Körper* (Fig. 72 A. u. B., L. K.). Er erscheint als ein auf dem Durchschnitt biconvex gestaltetes Ganglion, welches sich durch einen grossen Markreichthum auszeichnet, und desshalb am Carminpräparat immer hell aussieht. Der *Luys'sche* Körper ist völlig von weisser Substanz umgeben; oben wird er von dem uns schon bekannten Markfeld und besonders von dem Haubenbündel aus dem

Linsenkern begrenzt, unten besitzt er eine aus längs- und schrägverlaufenden Fasern gebildete Markkapsel. Diese letzteren Fasern verlaufen über der Linsenkernschlinge (welcher sie sich zum Theil anschliessen) lateralwärts, durchsetzen den Grosshirnschenkel und die innere Kapsel und gelangen wahrscheinlich sämmtlich in den Linsenkern.

In ihnen lernen wir eine dritte Fasergruppe kennen, welche das Uebergangsgebiet zwischen Grosshirnschenkel und innerer Kapsel durchsetzt, um in den Linsenkern zu gelangen; die beiden anderen sind: der schon früher erwähnte Faserzug aus dem Markfelde der Zwischenschicht (Haubenbündel aus dem Linsenkern), und die Linsenkernschlinge. Durch diese querverlaufenden Bündel markhaltiger Fasern erscheint dieser Theil der inneren Kapsel ganz auffallend quer gestreift.

Auch durch die Untersuchung der secundären Degeneration wird der massenhafte Uebertritt von Fasern aus der Haube in den Linsenkern bestätigt. Bei ausgebreiteten, jedoch auf das letztgenannte Ganglion beschränkten Läsionen des Grosshirnstammes findet sich nemlich eine beträchtliche Verschmälerung der Haube auf derselben Seite.

Ueber den Faserverlauf in der inneren Kapsel selbst geben die Frontalschnitte dieser Region verhältnissmässig wenig Auskunft. Nur der Uebergang der die Radiärstreifung des Sehhügels bedingenden Faserzüge in die Gitterschicht und von da in die innere Kapsel wird an den vordersten Schnitten dieser Reihe deutlich sichtbar. Ein Theil der eingetretenen Thalamusfasern verbleibt in der inneren Kapsel, ein Theil aber durchsetzt sie, hier gleichfalls eine deutliche Querstreifung bedingend, und gelangt in den Linsenkern. Es ist möglich, dass diese letzteren Faserzüge bloss Fortsetzungen der aus der Zwischenschicht in den Sehhügel eingetretenen Faserbündel darstellen.

Uebersicht des Faserverlaufes beim Uebergange des Mittelhirnes in den Grosshirnstamm.

1. Die Faserung des Grosshirnschenkels geht in die innere Kapsel über, wobei sie von zahlreichen aus der Zwischenschicht in den Linsenkern ziehenden Faserbündeln durchflochten wird. Lateral schliesst sich dem Grosshirnschenkel ein vom Tractus opticus kommendes Bündel an und verläuft mit ihm cerebralwärts.

2. Die von grauer Substanz durchsetzte Faserung der Bindearme (rothe Kerne der Haube) tritt zum Theil in die Marklamellen des Sehhügels und in die innere Kapsel, zum Theil in den Linsenkern.

3. Die nach Abgang der Vierhügelantheile von der Schleifenschicht zurückbleibende obere Schleife geht in die äussere Marklamelle des Sehhügels über (vielleicht auch in den Linsenkern).

4. Das hintere Längsbündel wird Bestandtheil der Zwischenschicht, seine Fasern sind weiter nicht sicher zu verfolgen.

5. Die Längsfasern der Haube, welche sich vorher schon zu einem unvollkommen abgegrenzten Bündel gesammelt hatten, gehen in die hintere Commissur und mit dieser in den gekreuzten Sehhügel (inneren Kern desselben) über.

6. Die Substantia nigra entsendet bis zu ihrer Erschöpfung Faserzüge, welche durch den Grosshirnschenkel in den Linsenkern gelangen.

Ein gleiches Schicksal erleidet auch der erst in der Zwischenschicht aufgetretene *Luys'sche* Körper, und endlich ein weiterer Antheil der Haubenfaserung, welcher als Linsenkernschlinge in die Marklamellen des Linsenkernes eintritt.

Diese Uebergangsfasern aus der Zwischenschicht in den Linsenkern stellen cerebralwärts gelegene Glieder von Leitungssystemen dar, welche aus der Haube aufgestiegen sind. Die peripheren Glieder derselben sind bisher im Einzelnen nicht bekannt.

3) Frontalschnittreihe in der Linsenkern-Sehhügelregion.

Im Bereiche dieser Region findet der Sehhügel, welcher jetzt nicht mehr der Zwischenschicht, sondern der an der Hirnbasis vorfindlichen grauen Substanz aufgelagert ist, mit dem Tuberculum anterius sein vorderes Ende; der Linsenkern hingegen bleibt in der ganzen Schnittreihe mit seiner charakteristischen Gestalt und seinen drei Gliedern nachweisbar. Zwischen beiden liegt, wie vorher, die innere Kapsel, lateral vom Linsenkern die äussere Kapsel, das Claustrum und die Inselrinde.

Der mediale Rand der Frontalschnitte wird, wie früher, durch die Trennungsfläche des Balkens und der grauen Bodencommissur und durch die Innenfläche des Sehhügels gebildet. Die letztere ist zuerst von dem hier stark ausgeprägten Stratum zonale (Fig. 73) und dann von dem centralen Höhlengrau überkleidet, das nach unten continuirlich in die graue Bodencommissur übergeht. In dieser eingeschlossen findet sich an derselben Stelle, wie vorher, das Corpus candicans, der compacte Markstrang der *Wurzel des Gewölbes* (w. f. Fig. 73). Lateralwärts findet die graue Substanz der Bodencommissur ihre Fortsetzung in einem den medialen Abschnitt des unteren Randes der Schnitte bildenden Lager grauer und weisser Substanz, welches mit dem Ende des Schweifes des Schweifkernes, mit der Basis des Linsenkernes und mit dem Claustrum in Zusammenhang steht. Es führt den Namen *Substantia innominata* seu ansa peduncularis (Fig. 73 A., s. in.). Den lateralen Theil des unteren Randes bildet die Schnittfläche, durch welche das Mark des Schläfelappens abgetrennt wurde, den äusseren Rand der Schnitte wie immer die Insel, den oberen gleichfalls eine künstliche Trennungsfläche und der Balken. Letzterer bildet das Dach des Seitenventrikels, dessen Boden von der oberen Sehhügelfläche gebildet wird. Diese ist, wie die mediale Fläche, von einem dicken Stratum zonale überkleidet, und deutlich abgesetzt von dem die seitliche Ecke des Ventrikels einnehmenden, gegen das vordere Ende der Schnittreihe langsam zum Kopftheil anschwellenden Schweifkern.

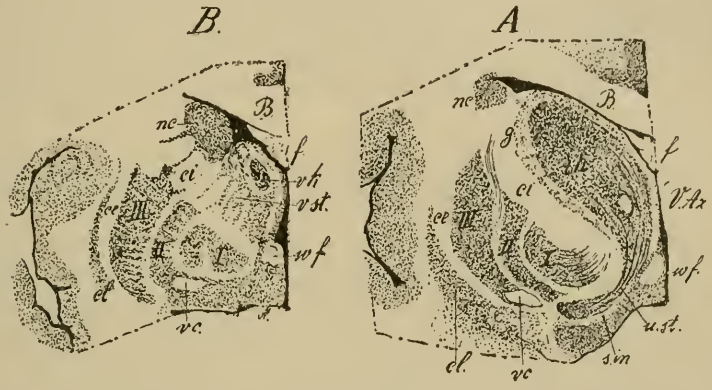
Im Sehhügel lässt sich bei fortlaufender Durchsicht der Schnittreihe der Weg nachweisen, den das *Vicq d'Azyr'sche Bündel* (V. Az.) zum vorderen Höcker nimmt; es erscheint mitten in der Substanz des Thalamus erst als Querschnitt, dann geht dieser in Schrägschnitte, endlich in einen Längsschnitt über, welcher nach oben zum vorderen Kern verläuft. Die dort einstrahlenden Fasern tragen zur Abgrenzung dieses Sehhügelkernes wesentlich bei.

Der jetzt mehr ovale Durchschnitt der *vordern Commissur* (v. c.) lässt sich an gleicher Stelle, wie in der vorigen Schnittreihe, nachweisen.

Die Beziehungen der grauen Massen zu der sie umgebenden Marksubstanz stellen sich bei Durchsicht der Schnittreihe folgendermassen dar.

In den hinteren Ebenen sieht man (S. 275) zahlreiche *Radiärfasern* aus dem Sehhügel austreten, Bestandtheil der Gitterschicht werden und dann weiter in die innere Kapsel gelangen. Ein Theil dieser Fasern zieht mit der inneren Kapsel zweifellos in das Hemisphärenmark; ein guter Theil derselben aber durchsetzt die Kapsel, tritt mit deutlichen Zügen (Fig. 73 A.) in das erste Linsenkernglied ein, und gesellt sich der Radiärfaserung desselben bei. Aus dem die mediale Fläche des Sehhügels überkleidenden Stratum zonale geht ferner ein ziemlich auffallender Faserzug hervor, welcher sich, durch zahlreiche

Fig. 73.



Frontalschnitte durch die vordere Hälfte des hinteren Schenkels der inneren Kapsel (zum Theil nach *Wernicke*).

A. Entsprechend dem mittleren Drittel des Sehhügels. B. Entsprechend dem vorderen Ende des Sehhügels (am Kapselknie).

v. c. Vordere Commissur. w. f. Wurzel des Gewölbes. s. in. Substantia innominata. V. Az. *Vicq d'Azyr'sches* Bündel. th. Sehhügel. u. st. Unterer Stiel des Sehhügels. v. st. Bündelquerschnitte des vorderen Stieles des Sehhügels. g. Gitterschicht. v. k. Vorderer Kern des Sehhügels. n. c. Schweifkern. III. II. I. Glieder des Linsenkernes. cl. Claustrum. c. e. Aeussere Kapsel. c. i. Innere Kapsel. B. Balken. f. Gewölbe.

Zuzüge aus dem Innern des Sehhügels verstärkt, an der unteren Kante des Thalamus vorbei, in die unter der Linsenkernbasis gelegene Substantia innominata zieht. Dieser Faserzug ist der *innere und untere Stiel des Sehhügels*; er soll nach *Meynert* in die Rinde der *Sylvi'schen* Grube gelangen.

Es ist dies die zweite Verbindung des Sehhügels mit der Grosshirnrinde, welche wir nachweisen; die erste war durch das zum Theil aus dem Pulvinar ausstrahlende sagittale Marklager des Hinterhauptlappens gegeben, und verdient den Namen eines *hinteren Stieles des Sehhügels.*

Wenn man in der Schnittreihe weiter nach vorne gelangt, werden die stetig aus dem Sehhügel in die innere Kapsel austretenden Faserzüge

weniger deutlich nachweisbar. Am vorderen Ende des Thalamus angelangt, trifft man dann in der Substanz desselben eine grosse Menge von Bündelquerschnitten, welche sich zu einem *vorderen Stiel des Sehhügels* sammeln. Diesen kann man an Horizontalschnitten als einen durch die ganze Länge des vorderen Schenkels der inneren Kapsel ziehenden, compacten Faserzug bis in das Mark des Stirnlappens verfolgen.

Es lassen sich, der obigen Darstellung zufolge, schon auf rein anatomischem Wege sehr ausgiebige Verbindungen des Sehhügels mit dem Hemisphärenmark (beziehungsweise der Grosshirnrinde) nachweisen. Zu dem gleichen Resultate führen auch Untersuchungen mit Hülfe der experimentell-anatomischen Methode.

Nachdem früher schon *Luys* dahin die Aufmerksamkeit gelenkt hatte, dass congenitale Defekte der Grosshirnlappen einen mächtigen Einfluss auf die Grösse des Thalamus ausüben, fand *Gudden*, dass nach Abtragung der Hemisphären an neugebornen Kaninchen und Hunden der Sehhügel in seiner ganzen Ausdehnung schwindet, und zwar sammt den Kniehöckern. Die Ganglien des Streifenhügels hingegen bleiben intakt.

Nach *Monakow* atrophiren bei circumscripter Exstirpation der oberflächlichen Schichten des Grosshirns auch nur bestimmte, isolirte Abschnitte (Kerne) des Sehhügels und die diesen entsprechenden Faserzüge im Hemisphärenmark.

Was die Verbindungen betrifft, welche sich zwischen dem *Linsenkern* und der umgebenden weissen Substanz nachweisen lassen, so möge vor Allem darauf hingewiesen werden, dass nach neueren Untersuchungen von *Wernicke* aus der gegen die äussere Kapsel gewendeten Fläche des dritten Linsenkerngliedes keine Faserzüge austreten, und dass sich hier auch sonst kein erheblicher Faseraustritt in das Hemisphärenmark und die innere Kapsel nachweisen lässt. Diese der älteren *Meynert'schen* Lehre von der Verbindung der sämmtlichen Grosshirnganglien mit der Hirnrinde gegensätzliche Anschauung findet eine gute Stütze in dem durch *v. Gudden* gelieferten Nachweis, dass der Linsen- und Schweifkern nach Abtragung der Grosshirnlappen nicht atrophiren. Und auch die Resultate der embryologischen Methode sprechen in dem gleichen Sinne (*Flechsig*). An Gehirnen von nahezu reifen Früchten kann man nemlich die Ueberzeugung gewinnen, dass das dritte Linsenkernglied zahlreichen Radiärfasern, die aus den Innengliedern kommen, zum Endpunkte dient, ohne dass es zugleich ausgiebige Verbindungen mit dem Hemisphärenmark aufweisen würde.

Man sieht diese an dem embryonalen Gehirn noch sämmtlich marklosen Fasern an der Kante des dritten Linsenkerngliedes eintreten und die beiden Innenglieder durchsetzen, zum Theil vielleicht auch dort schon endigen. Von diesen Radiärfasern war oben bereits mehrfach die Rede; sie stammen aus der Zwischenschicht, sowie aus dem Stratum zonale und der Substanz des Sehhügels.

Ausserdem aber nimmt man Faserzüge wahr, welche am Gehirn von nahezu reifen Embryonen bereits markhaltig sind und aus der Linsenkernschlinge in die Laminae medullares treten. Dort gesellen sich ihnen einzelne Radiärfasern bei, und die Gesammtheit dieser Fasern tritt dann mit den Marklamellen am oberen Rande des Linsenkernes in die innere Kapsel. Von da zieht ein Theil (nach *Flechsig*) in das Hemisphärenmark, ein Theil aber ist, auch noch am ausgewachsenen Organ, mit Sicherheit in den Schweifkern zu verfolgen.

Die aus den Laminae medullares in die innere Kapsel austretenden Faserzüge sind an Frontalschnitten mitunter sehr deutlich zu sehen (Fig. 73 A.).

Aus den geschilderten Faserverbindungen des Linsenkernes ergibt sich eine verschiedene Bedeutung des äusseren und der beiden Innenglieder. Das erstere wäre ohne Verbindung mit dem Hemisphärenmark und eine definitive Endstation für die Hauptmasse der Radiärfasern; die letzteren würden von Fasern durchsetzt, welche zum Theil in das dritte Glied, zum Theil in das Hemisphärenmark und in den Schweifkern ziehen.

4) Frontalschnittreihe in der Linsenkern-Schweifkernregion.

In diese Region fällt das vordere Ende des Linsenkernes, welcher an den Schnitten erst noch mit drei Gliedern, dann bloss mit zwei und endlich nur mit einem, dem dritten Gliede, vertreten erscheint. Der Schweifkern schwillt hier zum Kopfe an und bildet das vordere Ende des Grosshirnstammes. Das Verhältniss der beiden grauen Massen zu einander ist derart, dass, je weiter nach vorne der Frontalschnitt fällt, der Linsenkern um so kleiner, der Schweifkern um so grösser wird, bis schliesslich der erstere verschwindet und nur der Kopf des Schweifkerns übrig bleibt, welcher dann lateral an das Mark des Stirnlappens grenzt (Fig. 74 A. B. C.). Zwischen den Ganglien des Streifenhügels liegt der vordere Schenkel der inneren Kapsel, vielfach durchsetzt von Brücken grauer Substanz, welche eine Verbindung der beiden Kerne herstellen. Ausserdem aber verschmilzt sowohl der Schweifkern, als das vordere Ende des Linsenkernes mit der an der Basis des Gehirnes gelegenen Substantia perforata anterior, und dadurch ist eine zweite ausgiebige Verbindung dieser Ganglien (vordere Verschmelzungsstelle) gegeben.

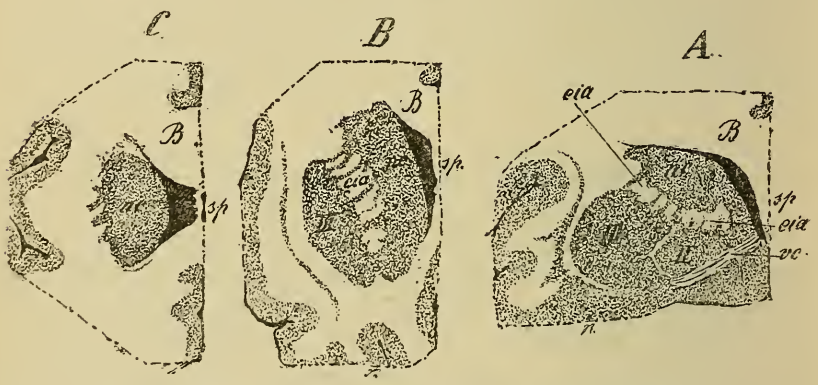
Die topographischen Verhältnisse sind an den Frontalschnitten aus dieser Region so einfache, dass ein Hinweis auf die umstehenden Figuren (Fig. 74) zur Orientirung genügt.

An dem Durchschnitt des *Schweifkernes* bemerkt man eine feine, von der inneren Kapsel ausgehende radiäre Streifung, bedingt durch eintretende Nervenfasern, welche nach *Wernicke* aus den Marklamellen des Linsenkernes und aus den Radiärfasern der beiden Innenglieder stammen

und die vorderen Schenkel der inneren Kapsel bloss durchsetzen sollen. Nach *Flechsig* erweisen sich die in den Schweifkern eintretenden Fasern am Gehirn von 51 Cm. langen, reifen Embryonen noch sämmtlich als marklos, und sind in Folge dessen in ihrem Verlaufe genauer zu verfolgen. Dabei gewinnt man die Ansicht, dass nur ein kleinerer Theil dieser Fasern aus dem Globus pallidus des Linsenkernes tritt, die Hauptmasse derselben aber aus der Gegend des Kapselknies im vorderen Schenkel der inneren Kapsel aufsteigt und in den Schweifkern einmündet (vgl. unten S. 286).

Die genannten Faserzüge durchflechten den in der Längsaxe des vorderen Schenkels verlaufenden vorderen Sehhügelstiel.

Fig. 74.



Frontalschnitte durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel.
A. Entsprechend dem hinteren Drittel des Schweifkernkopfes. B. Entsprechend der Mitte. C. Entsprechend dem vorderen Ende desselben.
III. II. Glieder des Linsenkernes. n.c. Kopf des Schweifkernes. B. Balken. s.p. Septum pellucidum. v.c. Vordere Commissur. c.i.a. Vorderer Schenkel der inneren Kapsel.

Gleichwie das dritte Linsenkernglied, so zeigt auch der Schweifkern an seiner dem Hemisphärenmark zusehenden Oberfläche keine austretenden Faserzüge (*Wernicke*). Die convexe, obere und vordere Fläche des Kopfes ist vielmehr mit einem von hinten und aussen nach vorne und innen ziehenden flachen Markstrang bekleidet, welcher entsprechend der Mitte des Aussenrandes des Sehhügels aus der inneren Kapsel tritt und um den Kopf und die angrenzenden Theile des Schweifes des Schweifkernes zur vorderen Balkenfaserung zieht. Dadurch erscheint nach *Wernicke* für den vorderen Theil dieses Ganglions das Vorhandensein irgend welcher erheblicher Verbindungen mit dem Hemisphärenmark (der Grosshirnrinde) ausgeschlossen, und auch an den hinteren Theilen sind solche nicht nachweisbar.

Die oben angeführten Experimente *v. Gudden's* sprechen in demselben Sinne.

Der *Linsenkern* zeigt an den hintersten Schnitten dieser Reihe noch deutlich radiäre Streifung, weiter vorne geht diese völlig verloren.

Die *vordere Commissur*, welche in den hinteren Regionen des Grosshirnstammes, an der Basis des Linsenkernes, zwischen dem dritten und zweiten Gliede, immer als runder Querschnitt eines compacten Markstranges nachweisbar bleibt, biegt hier, bereits in den hintersten Schnittebenen medialwärts um, und erscheint in Folge dessen successive im Schrägschnitt und dann im Längsschnitt. Der Markstrang verläuft unter dem zweiten Linsenkerngliede zur Basis des Septum pellucidum (Fig. 74 A.), wo er in ein rundes Nervenfaserbündel übergeht, welches, quer vor dem Gewölbe verlaufend, mit dem der anderen Seite zusammenfliesst.

Oben (S. 269) wurde als Entstehungsort des beschriebenen Faserbündels das Mark des Schläfelappens bezeichnet; es stellt demnach eine die beiden Schläfelappen verbindende Commissur dar.

Ausser diesen Verbindungsfasern enthält die vordere Commissur auch noch einen Faserantheil, welcher mit dem Centrum des Geruchsorganes in Verbindung steht. Dieser besteht beim Menschen in einem ganz unscheinbaren Faserbündelchen, das von der vorderen Commissur, kurz bevor sie zu Tage tritt, nach unten ablenkt und sich in die Substantia perforata anterior einsenkt.

Erst auf vergleichend anatomischem Wege sind die Beziehungen dieser Fasern zu den *Bulbi olfactorii* (vgl. unten) aufgedeckt worden. Sie führen den Namen *Riechlappenantheil* der vorderen Commissur, im Gegensatz zum *Hemisphärenantheil* derselben.

Mit der Beschreibung der vordersten Region ist die Darstellung des Grosshirnstammes an Frontalschnitten beendet. Wir haben dabei den Faserverlauf in diesem Abschnitte des Centralorganes nur zum Theile kennen gelernt. So war namentlich von dem Faserverlaufe in der inneren Kapsel und besonders von den in ihr enthaltenen Fasersystemen noch nicht die Rede.

Die Rechtfertigung dieser, der einheitlichen Darstellung des Faserverlaufes im Grosshirnstamm etwas abträglichen Unterlassung liegt in dem Umstande, dass es nur durch Untersuchung des Organes an *Horizontalschnitten,* und dann auch nur mit Zuhülfenahme der entwicklungsgeschichtlichen Methode gelingt, über diese Verhältnisse Aufschluss zu erlangen.

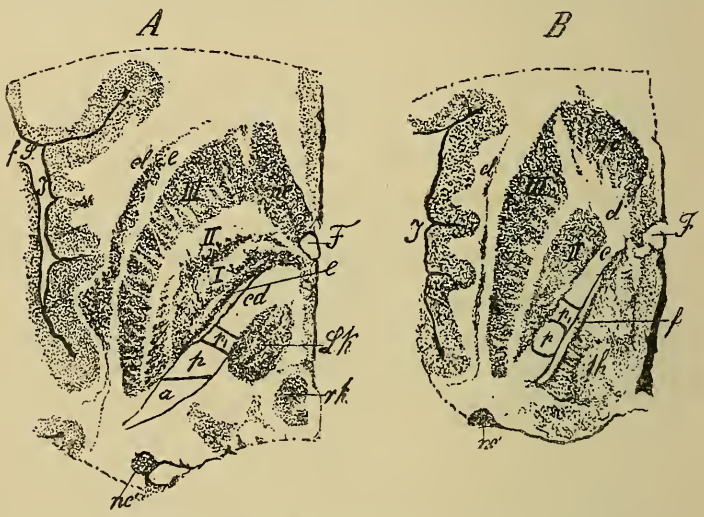
Untersuchung des Grosshirnstammes an Horizontalschnitten.

Bei Untersuchung einer Reihe von durch den Grosshirnstamm gelegten Horizontalschnitten muss man sich gegenwärtig halten, dass die drei Glieder des Linsenkernes nur in den unteren Schnitten sämmtlich vorhanden sind. Weiter oben verschwindet zunächst das erste, innerste, dann das zweite Glied, so dass in den obersten Horizontalschnitten sich

nur das dritte, äussere Glied allein nachweisen lässt. Dieses Verhalten der Linsenkernglieder dient zweckmässig zur Bezeichnung der Höhe der zu beschreibenden Horizontalschnitte.

Ein Horizontalschnitt durch das basale Drittel des ersten Linsenkerngliedes trifft die Zwischenschicht und zeigt den in den Grosshirnstamm eingetretenen, zur inneren Kapsel gewordenen Grosshirnschenkel in noch annähernd halbmondförmiger Gestalt (Fig. 75 A.). Das blättrige Gefüge desselben ist deutlich nachweisbar, nur erscheinen die

Fig. 75.



Horizontalschnitte durch den Grosshirnstamm.

A. In der Höhe der Zwischenschicht, entsprechend dem *basalen Drittel des ersten Linsenkerngliedes.* B. Entsprechend der Höhe, wo das *erste Linsenkernglied bereits verschwunden ist.* Die Felder der einzelnen Fasersysteme in der inneren Kapsel sind hier eingezeichnet. (Siehe S. 287.)

n. c. Schweifkern. n. c.' Hinteres Ende des Schweifkernes. III. II. I. Glieder des Linsenkernes. th. Sehhügel. L. K. *Luys'scher* Körper. r. k. Rother Kern der Haube. F. Gewölbe. cl. Claustrum. J. Insel. f. S. Fossa Sylvii. p. Pyramidenbahn. p.' Centrale Bahnen der motorischen Hirnnerven. a. Laterale Bündel aus dem Grosshirnschenkel. c. d. Mediale Bündel aus dem Grosshirnschenkel (für den Schweifkern und das Mark des Stirnlappens). e. Faserzüge aus der Zwischenschicht in den Linsenkern. f. Faserzüge aus dem Sehhügel in das Hemisphärenmark.

einzelnen Blätter jetzt nahezu frontal gestellt und werden durch die aus der Zwischenschicht und namentlich vom *Luys'schen* Körper in den Linsenkern ziehenden Faserbündel gebildet.

Vorne und lateral ist der inneren Kapsel der dreigliedrige Linsenkern und zwar nahezu ausschliesslich mit der medialen Kante seines ersten Gliedes angelagert. Die Marklamellen des Linsenkernes sind überaus deutlich zu sehen.

Medial liegt der inneren Kapsel der Durchschnitt des *Luys'schen* Körpers an, hinter welchem sich die übrigen Bestandtheile der Zwischenschicht, darunter besonders der rothe Kern nachweisen lassen.

Der Grosshirnschenkel hat sich bei seiner Umwandlung in die innere Kapsel mit seinem medialen Rande nach vorne gewendet, so dass der hintere Abschnitt der letzteren dem lateralen Abschnitt des ersteren entspricht. Aus den hintersten Antheilen sieht man zahlreiche Faserbündel nach hinten und oben in das angrenzende Marklager des Hinterhaupt- und Schläfelappens ablenken, wobei sie sich an dem medialen Rande des zweiten und dritten Linsenkerngliedes vorbeischieben und zwischen hinterer Kante des Linsenkernes und dem hinteren Ende des Schweifkernes hindurch treten. (Der Ausdruck für die oben beschriebene Schlinge, welche für den Durchtritt der inneren Kapsel vom Linsenkern und Schweifkern gebildet wird. S. 257.)

An Schnitten aus etwas höheren Horizontalebenen sieht man die innere Kapsel ihre noch annähernd halbmondförmige Gestalt verlieren und dabei nach vorne hin an Ausdehnung gewinnen. Medial liegt ihr noch das obere Ende des *Luys'schen* Körpers und ausserdem das Markfeld der Zwischenschicht an, welches die Ausstrahlungen der Bindearme in den Thalamus und in die innere Kapsel enthält; lateral wird sie jetzt von der inneren Kante des ersten und zweiten Linsenkerngliedes begrenzt. In den hintersten Theilen der Schnitte erscheint der Horizontaldurchschnitt des Pulvinar.

Horizontalschnitte, welche das obere Ende des ersten Linsenkerngliedes noch enthalten, zeigen ein weiteres Anwachsen der inneren Kapsel in sagittaler Richtung, ferner auch schon das Kapselknie und den unter einem sehr stumpfen Winkel nach vorne und aussen abgehenden vorderen Schenkel derselben. Medial liegt dem hinteren Schenkel seiner ganzen Länge nach der Sehhügel an, lateral die inneren Kanten sämmtlicher drei Linsenkernglieder; das Kapselknie entspricht dem ersten Gliede. Der vordere Schenkel der inneren Kapsel wird medial vom Schweifkern begrenzt.

Am Sehhügel sind die Marklamellen, besonders die Lamina medullaris externa mit der Gitterschicht sehr deutlich ausgesprochen.

An noch höheren Schnitten, welche nur mehr das zweite und dritte Linsenkernglied enthalten, ist die charakteristische Bildung des Kapselkniees am besten zu sehen (Fig. 75 B.). Der hintere Schenkel der inneren Kapsel erscheint zwischen dem Sehhügel und der inneren Kante der beiden Linsenkernglieder eingeschlossen, das Knie zwischen der medialen Kante des zweiten Gliedes und dem vorderen Ende des Thalamus. Der vordere, unter einem nahezu rechten Winkel nach aussen abgehende Schenkel endlich ist zwischen dem Schweifkern und dem Linsenkern gelegen.

Am vorderen sowohl als am hinteren Ende der inneren Kapsel sieht man die Faserung derselben in das Hemisphärenmark eintreten.

An ersterer Stelle erfolgt dieser Eintritt zwischen dem Kopf des Schweifkernes und dem Linsenkern, an letzterer Stelle zwischen diesem und dem Schweif des Schweifkernes. Im vorderen Schenkel der inneren Kapsel lassen sich die längsverlaufenden Faserzüge des vorderen Sehhügelstieles nachweisen. Die äussere Marklamelle des Linsenkernes tritt sehr deutlich hervor und trennt scharf das zweite vom dritten Gliede.

In Horizontalebenen endlich, welche nur noch das dritte Linsenkernglied enthalten, erscheint der Winkel, unter dem die beiden Schenkel der inneren Kapsel zusammenstossen, wieder bedeutend stumpfer und beide Schenkel ausserdem beträchtlich verkürzt (Fig. 77, S. 287).

Die Lamina medullaris interna des Sehhügels ist zumeist einfach vorhanden, sehr deutlich ausgesprochen und grenzt scharf das Gebiet der drei Kerne ab.

An Horizontalschnitten der eben beschriebenen Art ist es *Flechsig* mit Hülfe der *entwicklungsgeschichtlichen Methode* gelungen, in der inneren Kapsel eine Reihe von Fasersystemen nachzuweisen, welche zu mehr oder weniger compacten Strängen gesammelt sind. Sie steigen zum Theil aus dem Grosshirnschenkel auf, dessen Faserung zur Gänze in die innere Kapsel eintritt, zum Theil stammen sie aus der Haube des Mittelhirns (i. e. aus der Zwischenschicht) und aus dem Sehhügel.

Auch die Untersuchung der *secundären Degeneration* hat zu ähnlichen, wenn auch bisher weniger vollständigen Resultaten geführt.

Fasersysteme im Grosshirnschenkel und in der inneren Kapsel.

An Embryonen von 50—52 Cm. Körperlänge (reife Früchte) lässt der Querschnitt des Grosshirnschenkels (Fig. 76) in Folge der an einzelnen Längsfaserbündeln verschieden weit vorgeschrittenen Markscheidenbildung zwei Etagen unterscheiden, die allerdings nur in der lateralen Hälfte deutlich abgegrenzt sind.

Die obere Etage schliesst sich an die Substantia nigra (s. u.) an, und ist von einem Netzwerk grauer Substanz und von zahlreichen in der Längsrichtung getroffenen Fasern durchsetzt; die untere Etage weist nur Faserquerschnitte auf.

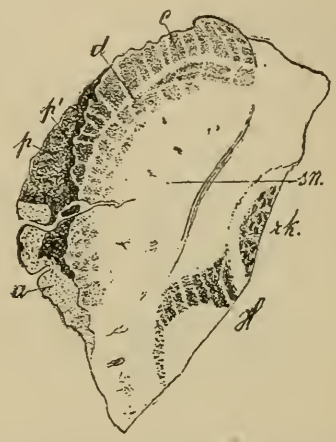
In der letzteren fällt vor Allem der Querschnitt eines Feldes auf, dessen Fasern sämmtlich bereits eine *hohe Stufe der Markscheidenbildung* erlangt haben. Es ist der Querschnitt des Fasersystemes der *Pyramidenbahn* (p.), deren Zusammensetzung aus der Vereinigung der gekreuzten Pyramidenseitenstrangbahn und der gleichseitigen Pyramidenvorderstrangbahn schon oben beschrieben worden ist. Vor dem Eintritt in den Grosshirnschenkel hat dieses Fasersystem die vordere Brückenabtheilung passirt, ohne dort jedoch einen gleichwerthigen Faserzuwachs zu er-

halten und ohne Fasern zu verlieren; denn vergleicht man das Areale der Pyramiden unterhalb der Brücke und das Areale des Feldes p im Grosshirnschenkel, so stellt sich keine Differenz zwischen beiden heraus.

Das von der Pyramidenbahn eingenommene Querschnittsfeld besitzt die Form eines Dreiecks mit einer unteren, an der freien Fläche des Grosshirnschenkels gelegenen, einer lateralen und einer oberen, längsten Seite. Der frei liegende Theil des compacten Stranges nimmt in den unteren Abschnitten des Grosshirnschenkels das mittlere Drittel, in den oberen das dritte Viertel, von innen nach aussen gezählt, ein.

Mit der übrigen Faserung tritt die Pyramidenbahn dann, entsprechend dem hinteren Rande des *Luys'schen* Körpers, in die innere Kapsel und gelangt, nachdem sie diese, ohne eine Verbindung mit den Ganglien einzugehen, durchmessen hat, in das Hemisphärenmark. Auf diesem ganzen Wege bleibt sie als compacter Strang von weit in der Markumhüllung vorgeschrittenen Fasern immer deutlich bestimmbar. Dort, wo sie dem *Luys'schen* Körper anliegt (Fig. 75 A.), wird sie von Faserbündeln durchflochten, welche aus der dorsalen Etage des Fusses stammen und nach dem Linsenkern verlaufen — Faserzüge aus der Substantia nigra.

Fig. 76.



Querschnitt senkrecht auf die Längsfaserzüge des *Grosshirnschenkels*. Grenze des unteren und mittleren Drittels. (Copie nach *Flechsig*, 4mal vergrössert.)

H. Haube des Mittelhirns. r.k. Rother Kern. s.n. Substantia nigra. a. Laterale Bündel des Grosshirnschenkels (marklos). p. Pyramidenbahn (markhaltig). p.' Centrale Bahnen der motorischen Hirnnerven (Hypoglossus und Facialis). (Beginn der Markscheidenbildung.) c. Bahnen zum Schweifkern (marklos). d. Bahnen in das Mark des Stirnlappens (marklos).

In den tiefsten Horizontalebenen der inneren Kapsel liegt die Pyramidenbahn zwischen dem hinteren Rande des *Luys'schen* Körpers und dem ersten Linsenkerngliede (Fig. 75 A.). Weiter oben steigt sie zwischen Sehhügel und dem zweiten Linsenkerngliede (Fig. 75 B.), endlich zwischen dem Sehhügel und dem dritten Linsenkerngliede auf, und ist somit während des Verlaufes durch die innere Kapsel der Reihe nach allen drei Linsenkerngliedern angelagert. Die Lage ihres Feldes entspricht in den Horizontalschnitten immer dem mittleren Drittel des Thalamus; doch liegt die Pyramidenbahn diesem Ganglion viel weniger dicht an, als dem Linsenkern, indem sich dort andere Fasersysteme zwischen beide einlagern.

Auch im Hemisphärenmark erleiden die Fasern der Pyramidenbahn keine starke Zerstreuung, sie ziehen nach *Flechsig* direkt zur

Hemisphärenoberfläche und treten in die Rinde des Paracentralläppchens, der obersten Theile der hinteren Centralwindung und des hinteren Abhanges der vorderen Centralwindung.

Medial von der Pyramidenbahn findet sich am Querschnitt des Grosshirnschenkels, ein zweites durch den Befund *beginnender Markscheidenbildung* abgrenzbares Feld (Fig. 76 p′.). Die in ihm enthaltenen Fasern stehen nach unten zu wahrscheinlich mit den Nervenkernen des Bodens der Rautengrube in Verbindung und dürften wohl mit den oben beschriebenen Fibrae rectae identisch sein, welche aus der hinteren in die vordere Abtheilung der Brücke gelangen (centrale Bahnen der motorischen Hirnnerven?). Unterhalb der Brücke lässt sich eine Fortsetzung dieses an dem Stadium seiner Markumhüllung wohl kenntlichen Stranges nicht nachweisen. In der innern Kapsel liegt das Feld p′ immer unmittelbar vor der Pyramidenbahn (Fig. 75 A. B.), in der Höhe des dritten Linsenkerngliedes im Kapselknie (Fig. 77). Schliesslich gelangen seine Fasern in das Hemisphärenmark.

Der *lateral* von der Pyramidenbahn gelegene Theil der unteren Etage der Grosshirnschenkel wird von einem scharf abgegrenzten Felde (Fig. 76 a.) eingenommen, welches durchaus Querschnitte *völlig markloser Fasern* enthält. Es findet sich nach Verwandlung des Pedunculus in die innere Kapsel, unmittelbar hinter der Pyramidenbahn, seine Fasern aber schlagen schon im basalen Gebiet des Linsenkernes die Verlaufsrichtung nach hinten ein und treten zwischen dem äusseren Kniehöcker und dem hinteren Rande des Linsenkernes in das Hemisphärenmark (Fig. 75 A.), nach *Gratiolet* und *Flechsig* vorzugsweise in das Mark des Schläfelappens. Nach unten zu endet dieses in dem lateralen Felde des Grosshirnschenkels gesammelte Fasersystem in der vorderen Brückenabtheilung, geht also nicht in das verlängerte Mark über.

Flechsig hat dieses Verhalten vollkommen sicher gestellt und dadurch der *Meynert'schen* Lehre, welche in dem genannten Faserbündel die obere Fortsetzung der sensiblen Pyramidenkreuzung (von uns Schleifenkreuzung genannt), d. i. mittelbar der sensiblen Bahnen aus den Hintersträngen des Rückenmarks erblickte, den Boden entzogen.

Die weitere Fortsetzung des in diesem schon von *Gratiolet* mit Hülfe der Abfaserungsmethode dargestellten Faserzuge enthaltenen Leitungssystemes dürfte wohl in den Brückenarmen und im Kleinhirn zu suchen sein. Ueber die physiologische Bedeutung desselben liegen bisher nur mangelhaft gestützte Hypothesen vor.

Das am Querschnitt des Grosshirnschenkels medial von p und p′ gelegene Feld (Fig. 76 c.) der unteren Etage ist in der genannten Periode des Fötallebens gleichfalls noch völlig marklos. Es findet sich in der inneren Kapsel immer vor dem Felde p′, tritt in Horizontal-

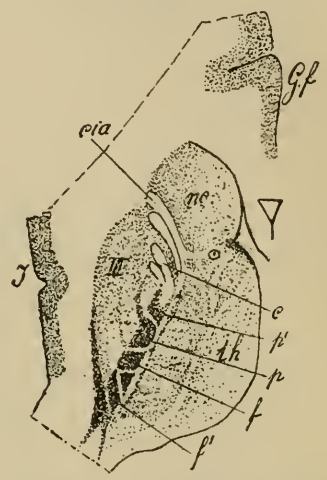
ebenen, wo das Kapselknie bereits sichtbar ist, successive in den vorderen Schenkel (Fig. 75 A. B., Fig. 77) und endet zum Theil (und zwar definitiv) im *Schweifkern*.

Auch die Fasern, welche die obere Etage des Pedunculusquerschnittes erfüllen, werden völlig marklos angetroffen (Fig. 76 d.). Ein Theil derselben tritt, wie oben erwähnt, die Pyramidenbahn durchflechtend, in den Linsenkern, ein zweiter Theil aber gesellt sich den Fasern des Feldes c zu, gelangt in die untere Etage und dringt im oberen Drittel des Hirnschenkels bis an die freie Fläche des letzteren vor (an der medialen Seite). In der innern Kapsel liegen die Fasern des Feldes d, dann vor c im vorderen Schenkel und gelangen wahrscheinlich in das *Mark des Stirnlappens*.

Nach unten zu sind die Fasern der Felder c und d nur bis in die vordere Brückenabtheilung zu verfolgen, wo sie vor der Schleife liegen; bis in das verlängerte Mark gelangen sie nicht, wohl aber wahrscheinlich zum Theil durch die Brückenarme in das Kleinhirn.

Die bisher beschriebenen Fasersysteme der inneren Kapsel haben sich sämmtlich als Fortsetzungen der im Grosshirnschenkel enthaltenen herausgestellt. Ausserdem aber beherbergt dieselbe, wie schon oben kurz erwähnt wurde, und wie auch schon bei Betrachtung des Grosshirnstammes an Frontalschnitten sich ergab, noch Fasersysteme anderen Ursprungs.

Fig. 77.



Horizontalschnitt durch den Grosshirnstamm *am oberen Rande des zweiten Linsenkerngliedes*. (Copie nach *Flechsig*, $^1/_1$.)

G. f. Gyrus fornicatus. n. c. Schweifkern. c. i. a. Vorderer Schenkel der inneren Kapsel. J. Inselrinde. III. Drittes Glied des Linsenkerns. th. Sehhügel. c. Bahnen zum Schweifkern (marklos). p. Pyramidenbahn (markhaltig). p.' Centrale Bahnen der motorischen Hirnnerven (Beginn der Markscheidenbildung). f. Bahnen aus dem Sehhügel (markhaltig). f.' Bahnen aus der Haube in die innere Kapsel.

Flechsig hat gefunden, dass in Horizontalebenen, wo der *Luys'sche* Körper bereits aufgehört hat, an der lateralen Fläche des Sehhügels ein von unten nach oben an Grösse wachsendes, ausschliesslich mit *markhaltigen Fasern* erfülltes Feld nachweisbar wird (Fig. 75 B., f.). das die Bahnen des Grosshirnschenkels vom Thalamus abdrängt.

In seinen vorderen Theilen enthält dieses Feld Fasern, welche aus dem Thalamus in das Hemisphärenmark ziehen (centrale Faserung des Thalamus, aequivalent den Sehhügelstielen), in seinem hinteren jene Faserzüge, welche oben bereits als direkt aus der Zwischenschicht in die innere Kapsel tretend, beschrieben worden sind (centrale Hauben-

strahlung). Sobald dieses Feld einen grösseren Umfang gewonnen hat, zerfällt der hintere Theil der inneren Kapsel in einen lateralen Abschnitt, der die Bahnen des Grosshirnschenkels, und in einen medialen, der die Bahnen des Sehhügels und der Haube enthält.

Weiter oben noch, wenn das laterale Faserbündel des Grosshirnschenkels (a) aus der inneren Kapsel in das Hemisphärenmark abgelenkt hat, nimmt das durch stetigen Zuzug neuer Fasern successiv anwachsende Feld f dessen Stelle ein und so geschieht es, dass in den obersten Schnittebenen (Fig. 77 f. und f.'), in der hinteren Hälfte des hinteren Schenkels der inneren Kapsel die Sehhügel- und Haubenfaserung allein das Feld behauptet. Sie strahlt dann wie die Grosshirnschenkelfaserung, und vielfach mit dieser gemischt in das Hemisphärenmark aus, und soll nach *Flechsig* vornehmlich in die hintere Centralwindung und in den Praecuneus gelangen.

Experimentell-physiologische und klinische Thatsachen begründen die Anschauung, dass das Rindengebiet, in welches diese, wohl zweifellos der Haut- und Muskelsensibilität dienenden Leitungsbahnen einlaufen, viel ausgedehnter ist, wahrscheinlich den ganzen Scheitellappen umfasst.

Zu erwähnen ist schliesslich noch, dass in den unteren Horizontalebenen ein in Fig. 75 A. schematisch dargestelltes Feld e einen vorübergehenden Bestandtheil der inneren Kapsel bildet. Es wird durch einen Faserzug gebildet, welcher lateral von der Fortsetzung der marklosen, medialen Felder des Grosshirnschenkels (c und d) sich dem Linsenkern anschmiegt. Es gehört wahrscheinlich den vom *Luys'schen* Körper in den Linsenkern ziehenden Bündeln an. In höheren Ebenen kann man den Eintritt dieser Fasern in die Substanz des Linsenkerns wahrnehmen.

Die vorangehend dargestellten Resultate der *Flechsig'schen* Untersuchungen werden durch die Untersuchung der *secundären Degeneration* nach Läsionen des Grosshirnes bestätigt und gesichert.

Vor Allem ist es durch pathologisch-anatomische und experimentell-anatomische Untersuchungen (*Gudden, Franck-Pitres, Singer*) festgestellt, dass Läsionen des Grosshirnes, welche die Gegend der beiden Centralwindungen (beim Hunde den Gyrus sygmoideus), den Stirnlappen oder die innere Kapsel treffen, secundäre Degenerationen der Faserzüge innerhalb des Grosshirnschenkels bedingen, welche sich, in der Mehrzahl der Fälle, in das verlängerte Mark und Rückenmark fortsetzen. Sitzen die Läsionen aber im Hinterhaupt- oder Schläfelappen, in den hinteren Theilen des Scheitellappens, oder endlich in den Ganglien des Grosshirnstammes, speciell im Linsenkern und Sehhügel, ohne die innere Kapsel zu zerstören, dann bleibt die secundäre Degeneration im Grosshirnschenkel aus.

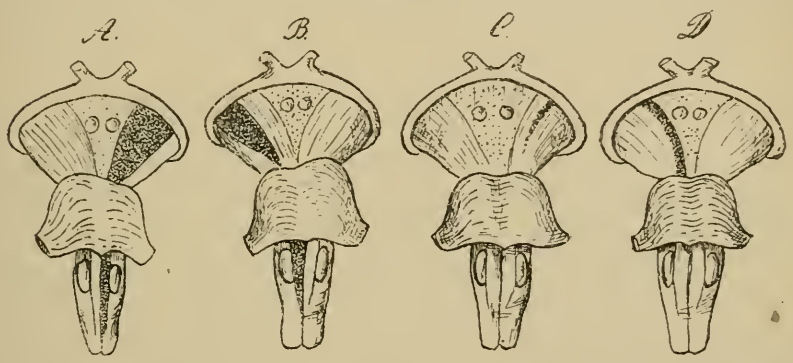
Eine einfache Nebeneinanderstellung dieser Thatsachen und des

durch die entwicklungsgeschichtliche Methode festgestellten Verlaufes der Bahnen des Grosshirnschenkels im Grosshirn zeigt eine erfreuliche Uebereinstimmung.

Im Grosshirnschenkel findet sich secundäre Degeneration immer nur in den medialen drei Vierteln, das laterale Bündel ist in absteigender Richtung nicht degenerationsfähig und erweist sich dadurch als einem anderen Fasersysteme zugehörig, gerade so, wie es auch durch die spätere Markscheidenbildung sich scharf unterscheiden liess.

Auch die einzelnen durch die entwicklungsgeschichtliche Methode aufgedeckten Fasersysteme (p, p', c, d) können bei Untersuchung geeigneter Fälle von umschriebener Läsion der genannten Gehirntheile secundär degenerirt angetroffen werden.

Fig. 78.



Secundäre Degeneration im Grosshirnschenkel nach verschiedenen Läsionen des Grosshirns. Untere Ansicht (nach *Charcot* und *Brissaud*). Verkleinert.

A. Totale secundäre Degeneration der medialen Felder des linken Grosshirnschenkels, Verkleinerung der linken Brückenhälfte, Degeneration der linken Pyramide.

B. Secundäre Degeneration der Pyramidenbahn im rechten Grosshirnschenkel, Verkleinerung der rechten Brückenhälfte, Degeneration der rechten Pyramide.

C. Secundäre Degeneration des medialen Bündels (p') im Grosshirnschenkel.

D. Secundäre Degeneration der im Felde c verlaufenden Bündel des Grosshirnschenkels.

A. Bei Zerstörung des ganzen Stirn- und Scheitellappens, oder der ganzen inneren Kapsel und ihrer Umgebung, degenerirt der Grosshirnschenkel mit Ausnahme des lateralen Bündels vollständig: die Brückenhälfte der gleichen Seite erscheint auffallend verkleinert, die gleichseitige Pyramide des verlängerten Markes ist degenerirt, und endlich lässt sich noch durchgreifende Degeneration der gekreuzten Pyramidenseitenstrangbahn und der ungekreuzten Pyramidenvorderstrangbahn nachweisen (Fig. 78 A).

B. Trifft die Zerstörung bloss die beiden vorderen Drittel des hinteren Schenkels der inneren Kapsel, so findet sich gleichfalls Verkleinerung der gleichseitigen Brückenhälfte, sowie Degeneration der gleichseitigen Pyramide und ihrer Fortsetzungen im Rückenmark; im Grosshirnschenkel aber findet sich nur Degeneration im Bereiche seines mittleren Drittels (im Felde p.) Fig. 78 B.

C. Wenn die Läsion das Kapselknie und dessen unmittelbare Umgebung in sehr geringem Umfange, oder gewisse noch nicht näher bestimmte Theile des Stirn-

lappens zerstört, dann findet sich im Grosshirnschenkel bloss ein schmales, medial von dem letztbeschriebenen gelegenes Feld degenerirt (das Feld p.'). Die gleichseitige Brückenhälfte zeigt keine deutliche Verkleinerung, Pyramide und Rückenmark sind intact. Fig. 78 C.

Flechsig fand bei einem Falle von auf das Stirnhirn beschränkter Läsion ein degenerirtes Faserbündel im vordersten Abschnitt des hinteren Schenkels der inneren Kapsel, welches sich dann weiter als mediales Bündel in den Grosshirnschenkel verfolgen liess. In den oberen Abschnitten des letzteren war es oberflächlich gelegen, in den unteren sah man es in die obere Etage des Grosshirnschenkels treten und entlang dem medialen Rande der Substantia nigra verlaufen. Dies ist ein Verlauf, welcher mit jenem der Faserzüge des Feldes d übereinstimmt.

D. Trifft die Läsion den ganzen vorderen Schenkel der inneren Kapsel, dann erscheint das medial von der Pyramidenbahn gelegene Degenerationsband viel breiter (c und d).

E. Zerstörungen endlich, welche bloss den Kopf des Schweifkernes treffen, veranlassen die secundäre Degeneration des im Felde c verlaufenden Bündels, wobei Brücke, Oblongata und Rückenmark gleichfalls unversehrt bleiben Fig. 78 D.

Hypophysis. Zirbel.

Von den beiden in der Ueberschrift dieses Kapitels genannten Anhängseln des Grosshirnstammes ist nur für das erste ein gewisser, beim Menschen übrigens kaum mehr nachweisbarer Zusammenhang mit den Nervenelementen des Centralorganes festgestellt. Für das zweite Gebilde ist der Zusammenhang ein bloss äusserlicher. Die *Hypophysis* erscheint als ein mit dem Trichter (Infundibulum) der grauen Bodencommissur in continuirlichem Zusammenhange stehender ellipsoider Körper, der aus zwei, äusserlich nicht gut von einander abgesetzten, an Durchschnitten jedoch deutlich unterscheidbaren Lappen besteht. Nur der *hintere* von diesen ist als eine direkte Fortsetzung des Infundibulum zu betrachten und heisst daher *Trichterlappen* (processus infundibuli). Er besteht aus fibrillärem, stark vascularisirtem Bindegewebe mit zahlreichen spindelförmigen oder selbst vielstrahligen Zellen, von denen einzelne gelb pigmentirt erscheinen und dadurch Ganglienzellen gleichen. Beim Menschen und bei höheren Wirbelthieren endet der mit flimmerndem Cylinderepithel ausgekleidete Hohlraum des Trichters noch vor dem Processus infundibuli, welcher ganz solid erscheint. Bei niederen Wirbelthieren (Fischen) ist der Lappen hohl und hat ganz den Charakter eines Gehirntheiles.

Der *vordere* Lappen entsteht in einem sehr frühen Embryonalstadium als eine bläschenförmige Einstülpung der Mundbucht, welche während der Ausbildung der Schädelbasis von derselben abgeschnürt wird, jedoch eine Zeit lang noch mit der Mundbucht durch einen Gang in Verbindung bleibt. Bevor noch dieser letztere völlig obliterirt

ist, entwickeln sich in der Wand des Bläschens schlauchartige, drüsige Bildungen, zwischen welche das umliegende, gefässreiche Bindegewebe eindringt. Diese schlauchförmige, mit kubischem Epithel ausgekleidete Drüsenformation erhält sich dann auch während des ganzen Lebens als der wesentliche Bestandtheil des vorderen Lappens. Selbst Reste der ursprünglichen Höhlung sind, wenn auch nicht ganz constant, am erwachsenen Menschen noch zu finden. Es muss sohin der vordere Lappen der Hypophysis als ein vom äusseren Keimblatte abstammendes, dem Drüsensystem der Mundhöhle äquivalentes Gebilde angesehen werden, welches aber im Laufe der Entwicklung von seinem Mutterboden völlig getrennt worden und bis zu einem gewissen Grade verkümmert ist.

Es kommt allen Wirbelthieren mit Ausnahme des Amphioxus zu, ist aber nur bei den Säugethieren mit dem Processus infundibuli innig verbunden, bei den übrigen Wirbelthieren hingegen selbständig.

Die *Zirbel* (glandula pinealis, conarium) stellt einen in der Rinne zwischen den vorderen Vierhügeln liegenden kegelförmigen Körper dar, mit vorderer Basis und hinterer Spitze. Vorne gehen von der Zirbel zwei Lamellen ab, welche den Recessus pinealis zwischen sich fassen. Die *obere Lamelle* entsendet nach rechts und links die *Zirbelstiele* (pedunculi conarii) zum Sehhügel (ganglion habenulae), die *untere Lamelle* tritt mit der hinteren Commissur in Verbindung.

Was den feineren Bau der Zirbel betrifft, ist vor Allem eine von der Pia gebildete bindegewebige Kapsel zu erwähnen, von welcher Abzweigungen in das Innere eindringen, um daselbst ein verhältnissmässig starkes Septensystem herzustellen. Die Räume, welche von diesem umschlossen werden, sind von annähernd kugeliger Gestalt und von einem reticulären Zellennetze ausgefüllt, in dessen Lücken rundliche, mit sehr hinfälligen Ausläufern versehene Zellen eingelagert sind. Die mittleren Parthieen dieser follikelähnlichen Gebilde enthalten beim Menschen den sogenannten *Gehirnsand* (*acervulus*), d. i. rundliche oder maulbeerartige Concremente, welche häufig eine concentrische Schichtung erkennen lassen, und neben einer organischen Grundlage hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk und phosphorsaurer Magnesia bestehen. An der vorderen, concaven Fläche trägt die Zirbel einen flimmernden Zellenbelag.

Sie enthält keinerlei Nervenfasern, und auch auf dem Wege der Zirbelstiele und der unteren Lamelle werden ihr keine solchen zugeführt, denn die in diesen Markblättern vorfindlichen Nervenfasern gehören ausschliesslich der hinteren Commissur an. Die Zirbel ist somit kein nervöses Organ.

Der Grosshirnmantel.

Die weisse Substanz der Grosshirnhemisphären (*Marklager, Markkern, centre ovale*), welche allseits von grauer Substanz (*Grosshirnrinde*) überkleidet ist, nimmt die entlang der ganzen lateralen Kante des Schweifkerns (vgl. oben S. 257) aus der inneren Kapsel ausstrahlende Faserung auf. Sie dient dieser als breites Lager für den weiteren Verlauf bis zu den Markleisten der Gehirnwindungen und durch diese zu der definitiven Endstation in den Ganglienzellen der Grosshirnrinde. Die radiär nach allen Theilen der Hemisphärenoberfläche verlaufenden Faserzüge der inneren Kapsel erzeugen an geeigneten Abfaserungspräparaten ein eigenthümliches Bild, welches Veranlassung zu der Bezeichnung *Stabkranz* (*corona radiata*) gegeben hat. Man kann den Stabkranz als ein Gerüst für den Aufbau des Grosshirnmantels auffassen.

Dieses strahlenförmig angeordnete Fasergerüst wird allenthalben von mächtigen Nervenbündeln durchflochten, den Fasern der *Associationssysteme*, welche die Bestimmung haben, einzelne Theile der Hemisphären mit einander zu verbinden, und damit deren *functionelle Association* zu ermöglichen. Unter den Associationsfasern dient ein Theil zur Verbindung correspondirender Theile der beiden Hemisphären, das sind die *Commissurenfasern*, ein zweiter Theil zur Verbindung verschiedener Theile einer und derselben Hemisphäre, das sind die *Associationsfasern im engeren Sinne*. Ob es sich bei den Commissurenfasern in Wahrheit, wie *Meynert* annimmt, um Verbindung funktionell (anatomisch?) identischer Punkte beider Hemisphären handelt, ist unbewiesen, immerhin aber sehr wahrscheinlich. Von den Commissurenfasersystemen sind vorläufig nur zwei des Näheren bekannt; die eine — *vordere Commissur* — ist bereits bei Beschreibung des Grosshirnstammes, welchem sie dem grössten Theil ihres Verlaufes nach angehört, dargestellt worden, die zweite ist die *grosse Balkencommissur*.

Die aus dem Balkenkörper (corpus callosum) und nicht minder aus dem Balkenknie (genu c. c.) und dem Balkenwulst (splenium c. c.) ausstrahlenden Fasern gelangen nach allen Theilen der beiden Hemisphären, wobei sie den Stabkranz innig durchflechten und zum Theil sich dem Verlaufe der Stabkranzfaserung anschliessen. An der Decke des Seitenventrikels, an der vorderen Wand des Vorderhornes (vgl. S. 280), sowie an der Aussenwand des Unterhornes und des Hinterhornes (vgl. S. 262) bilden die Balkenfasern allein ein nahezu unvermischtes Stratum.

Die *Associationsfasersysteme* finden sich im Gegensatz zu den Commissurenfasern nur in den peripheren Theilen des Marklagers der Hemisphären. Sie bilden vor Allem als *Fibrae propriae* einen wesentlichen Bestandtheil der Markleisten, und dienen zur Verbindung benach-

barter Gehirnwindungen. Man sieht sie an senkrecht zur Gehirnoberfläche geführten Schnitten aus den peripheren Theilen der einen Markleiste entstehen und nach kurzem bogenförmigen Verlaufe sich an gleicher Stelle der nächst benachbarten Markleiste einsenken.

Ausserdem gibt es Faserzüge, welche weiter aus einander gelegene Theile der Grosshirnrinde unter einander verbinden. Diese verlaufen schon etwas mehr in der Tiefe des Marklagers.

Als wichtigste derartige, am menschlichen Gehirn bisher nachgewiesene Associationssysteme sind zu nennen: Das *Associationssystem der Balken- und Hakenwindung* (Zwinge, cingulum), ein Faserzug, welcher in dem Marke der genannten Windungen und in derselben Richtung wie diese verläuft. Das *untere Längsbündel* (fasciculus longitudinalis inferior, *Arnold*), ein Faserzug, welcher entlang der lateralen Seite des Hinter- und Unterhornes zieht und anscheinend die Bestimmung hat, den Hinterhauptlappen mit dem Schläfelappen zu verbinden. Das *Hakenbündel* (fasciculus uncinatus), welches von der Orbitalfläche des Stirnlappens zu der Spitze des Schläfelappens zieht.

Die bisher beschriebene Zergliederung des Marklagers der Hemisphären gelingt am besten an geeignet gehärteten Objekten, mit Hülfe der Abfaserungsmethode, wogegen die Erforschung des Faserverlaufes in diesen Theilen durch die histologische Untersuchung wenig gefördert wird.

Die wichtigsten Aufschlüsse verdanken wir auch hier der entwicklungsgeschichtlichen Methode (*Parrot, Flechsig*).

Der erste Beginn der Markscheidenbildung findet sich bei 44 Cm. langen Früchten, doch erlangt das Grosshirnmark seine volle Ausbildung erst im extrauterinen Leben.

Bei Früchten von 50 Cm. Körperlänge sind nur Theile des Stabkranzes markhaltig, das Balkensystem hingegen und die Associationssysteme weisen nur nackte Axencylinder auf. An den Fasersystemen der letztgenannten Kategorie beginnt die Markscheidenbildung bei 52 Cm. Körperlänge.

Die zuerst markhaltigen Theile des Stabkranzes liegen zwischen der hinteren Centralwindung und dem hinteren Abschnitt des hinteren Schenkels der inneren Kapsel; sie entsprechen somit den Fortsetzungen der in den Feldern f und f' gesammelten Faserbündel (Stabkranz des Thalamus und Haubenstrahlung). Hierauf treten erst markhaltige Fasern zwischen der inneren Kapsel und dem Paracentralläppchen (entsprechend der Pyramidenbahn) und zwischen der ersteren und dem Präcuneus auf. Im Stirn- und Schläfelappen überwiegen lange Zeit die marklosen Bündel; über das Mark des Hinterhauptlappens liegen noch keine Angaben vor.

Sämmtliche Fasern des Stabkranzes und der Associationssysteme gelangen, wie schon gesagt, in die Markleisten der Gehirnwindungen und von da in die *Grosshirnrinde.*

Dort treten sie wohl sämmtlich mit Ganglienzellen in Verbindung; zum Theile gehen sie direkt in die Axencylinderfortsätze bestimmter

Zellen über. Die *Ganglienzellen* der Grosshirnrinde stehen ihrerseits durch ein aus den Protoplasmafortsätzen entwickeltes Fasernetz in ausgebreiteten Beziehungen zu den übrigen nervösen Rindenelementen; ausserdem aber wird eine Verbindung sämmtlicher Rindenantheile unter einander durch ein allgemein verbreitetes dichtes Flechtwerk markhaltiger Fasern hergestellt. Diese früher nur zum Theil bekannt gewesenen markhaltigen Nervenfasern der Grosshirnrinde sind in neuerer Zeit durch *Exner* genauer dargestellt worden.

Exner bediente sich zu diesem Zwecke folgender Methode, welche ebenso gut zur Darstellung der markhaltigen Nervenfasern in anderen Gebieten der grauen Substanz (Kleinhirnrinde, graue Säulen des Rückenmarks) verwendet werden kann.

Frische Stückchen der Rinde wurden in 1proc. *Ueberosmiumsäure* gelegt und in dieser unter mehrfacher Erneuerung der Härtungsflüssigkeit durch einige (5—10) Tage belassen. Dann wurden sie nach vorhergehender Entwässerung durch absoluten Alkohol (einige Secunden) in Oel-Wachsmasse eingebettet, mit dem Mikrotom in sehr feine Schnitte zerlegt und diese dann in Glycerin unter Zusatz eines Tropfens von *Ammoniakwasser* untersucht. Durch das Ammoniak quillt das Stützgewebe zu einer homogen aussehenden Masse auf, und in Folge dessen treten die in ihrer Markscheide braun bis schwarz gefärbten Nervenfasern auf das Deutlichste hervor.

Auch durch Anwendung der *Weigert'schen* (S. 172) Säurefuchsinfärbung gelingt die Darstellung dieses Geflechtes markhaltiger Fasern, doch scheint die Grundbedingung für das Erzielen guter Präparate ein möglichst frisches Einlegen des Gehirnes in die Härtungsflüssigkeit zu sein. An Gehirnen, welche erst längere Zeit nach dem Tode der Leiche entnommen werden, schlägt diese Methode fehl.

Die *histologischen Bestandtheile der Grosshirnrinde* sind im Allgemeinen jenen der Substantia spongiosa im Rückenmark gleich.

Die *Stützsubstanz* erscheint in Form eines feinen Netzwerkes von Hornspongiosa (S. 174) und enthält zahlreiche freie Kerne und Neurogliazellen, welche als Reste der Bildungszellen der Hornspongiosa zu betrachten sind.

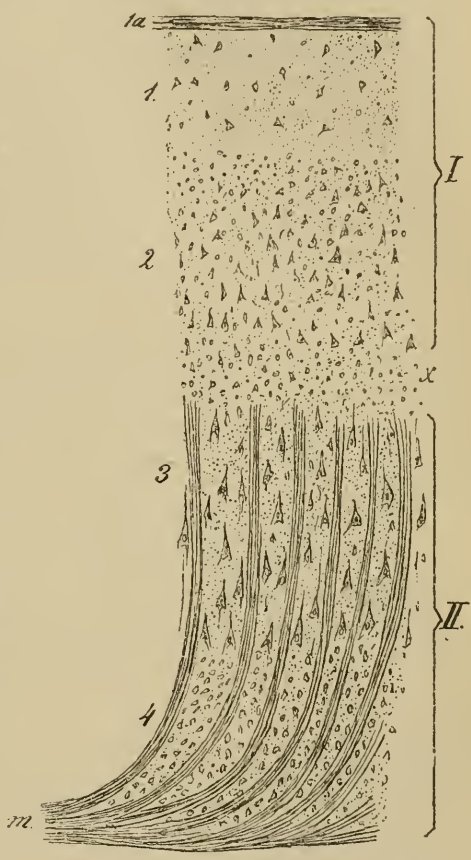
Die *nervösen Elemente*, insbesondere die Ganglienzellen, zeigen eine eigenthümliche, schichtweise Anordnung, derart, dass Elemente von annähernd gleichförmiger Beschaffenheit sich vornehmlich, jedoch nicht ausschliesslich, nur in bestimmten, der Oberfläche der Grosshirnrinde parallel laufenden Schichten vorfinden.

Schon makroskopisch kann man diesen geschichteten Bau der Hirnrinde an einzelnen Stellen erkennen, so in der Rinde um die Fissura calcarina, wo die Abgrenzung einer äusseren, grau durchscheinenden und einer inneren, gelblich grauen Schichte durch einen der Oberfläche parallel eingelagerten weissen Streifen, den *Vicq d'Azyr'schen Streifen*, gegeben ist. Auch an anderen Stellen (mediale Fläche der ersten Stirnwindung z. B.) ist eine solche Einlagerung von ein oder zwei weissen Streifen in die graue Rindensubstanz, die den Namen *innerer und äusserer Baillarger'scher Streifen* führen, wahrzunehmen, und häufig

auch noch ein peripherer unterhalb der Pia gelegener heller Saum (Randsaum) zu sehen.

Meynert hat zuerst auf Grund mikroskopischer Untersuchung eine genaue Beschreibung des geschichteten Baues der Grosshirnrinde gegeben und einen allgemeinen, fünfschichtigen Typus desselben aufgestellt. Andere Autoren (*Stieda, Henle, Schwalbe*) ziehen es vor, bloss *vier Schichten* der Hirnrinde zu beschreiben.

Fig. 79.



Durchschnitt durch die *Grosshirnrinde* des Menschen (Copie nach *Schwalbe*. $\frac{45}{1}$).

I. Aeussere, II. Innere Hauptschicht der grauen Rinde. x. Grenzschicht beider, dem *Baillarger'schen* Streifen entsprechend. m. Marksubstanz. 1. Zellenarme Schicht. 1a. Ihr feiner äusserer Nervenplexus. 2. Schicht der kleinen Pyramiden. 3. Schicht der grossen Pyramiden. 4. Schicht der kleinen Nervenzellen.

Nach *Schwalbe* zerfällt die Grosshirnrinde zunächst in zwei Hauptzonen, eine *innere* (Fig. 79, II.), welche von zahlreichen aus der Markleiste eintretenden Nervenfaserbündeln durchsetzt wird und desshalb radiär gestreift aussieht, und eine *äussere* (I.), welche nur mehr zerstreute Fortsetzungen dieser Bündel enthält. An der Grenze zwischen den beiden Hauptzonen bilden die Nervenfaserbündel ein dichtes Geflecht markhaltiger Fasern, dem der äussere *Baillarger'sche* und der diesem letzteren analoge *Vicq d'Azyr'sche* Streifen ihre Entstehung verdanken. In sämmtlichen Schichten der äusseren Hauptzone findet sich ein dichtes Flechtwerk markhaltiger Fasern, von dem es bis jetzt fraglich erscheint, ob es sich aus den früher genannten Nervenfaserbündeln entwickelt, oder ob es die Bedeutung selbständiger Verbindungswege zwischen verschiedenen Rindenbezirken (*Exner*) besitzt.

In der *inneren Hauptzone*, welche die bedeutend mächtigere ist, unterscheidet *Meynert* drei Schichten, welche er als dritte, vierte und fünfte bezeichnet; andere Autoren, denen wir uns anschliessen, unterscheiden nur zwei Schichten und zwar: 1) die innerste, an das Mark

anschliessende *Schicht der kleinen Nervenzellen* (vierte und fünfte Schichte, *Meynert's*), und 2) die *Schicht der grossen Pyramiden.*

Die *Schicht der kleinen Nervenzellen* (Fig. 79, 4.) enthält zahlreiche, kleine, unregelmässig geformte Ganglienzellen, welche den Namen „Körner" führen (daher körnerartige Formation). An diesen Ganglienzellen sind bisher keine Axencylinderfortsätze nachgewiesen worden. Die Schicht wird von den erwähnten radiären Faserbündeln durchzogen, welche sich an Osmiumpräparaten aus dicken, mit zahlreichen Varicositäten versehenen Nervenfasern zusammengesetzt zeigen; ausserdem sieht man immer noch zahlreiche, überwiegend dicke Einzelfasern, welche in verschiedenen Richtungen verlaufen.

Die *Schicht der grossen Pyramiden* (3.), welche die breiteste ist, ist durch das Vorkommen von reihenweise zwischen den Nervenfaserbündeln angeordneten, sehr grossen Ganglienzellen — *Pyramidenzellen* — charakterisirt.

Diese Zellen besitzen die Gestalt einer drei- oder mehrseitigen Pyramide, deren Basis der Markleiste zugewendet ist. Die Spitze hingegen zieht sich in einen langen, gegen die Oberfläche verlaufenden *Spitzenfortsatz* aus, welcher sich verästelt und in ein Fasernetzwerk eintritt. Aehnliche Fortsätze schickt die Zelle auch von den basalen Ecken aus.

Von der Mitte der Basalfläche entspringt ferner ein Fortsatz, welcher als wahrer Axencylinderfortsatz bald in eine der aus der Markleiste eindringenden Fasern übergeht. Die Grösse der Pyramidenzellen ist sehr verschieden. Die Basis der kleinsten Zellen misst 7 μ im Durchmesser, die der grössten, sog. Riesenpyramiden 50 μ, die Länge beträgt 11 μ—120 μ. Die grössten finden sich nach *Betz* im Gebiet der beiden Centralwindungen und des Paracentralläppchens. Sie sind hier ausserdem in eigenthümlicher Weise zu Nestern gruppirt (*Bevan Lewis*). Innerhalb dieser Schicht fangen die radiären Faserbündel an, sich aufzulösen, das Flechtwerk der in anderen Richtungen, namentlich parallel zur Oberfläche verlaufenden Fasern wird dichter und geht in den mit einer nur geringen Zahl von kleinen Ganglienzellen ausgestatteten Nervenfilz des *äusseren Baillarger'schen Streifens* (x.) über.

In der *äusseren Hauptzone* lassen sich gleichfalls zwei Schichten deutlich unterscheiden: 1) die innere — *Schicht der kleinen Pyramidenzellen* und 2) die äussere — Schicht der zerstreuten kleinen Rindenkörper, oder *zellenarme Schicht.*

Die *Schicht der kleinen Pyramidenzellen* (2.) enthält, wie es schon der Name besagt, zahlreiche Pyramidenzellen kleinerer Gattung und ausserdem einzelne kleine, unregelmässig gestaltete Ganglienzellen (Körner). Wie die nächst innere Schicht ist auch sie von einem, jedoch

zumeist aus dünnen markhaltigen Fasern bestehenden Flechtwerk durchsetzt, dessen Fasern nach allen erdenklichen Richtungen ziehen.

Die *zellenarme Schicht* (1.) verdient diese Benennung mit Recht, da sie nur spärliche kleine, eckige Ganglienzellen enthält. Hingegen erreicht das Flechtwerk markhaltiger Fasern in dieser Schicht seine grösste Entwicklung und bildet namentlich gegen die freie Oberfläche des Gehirnes eine nahezu ausschliesslich aus Marksubstanz bestehende dünne Schicht (*Randschicht* von *Krause*). *Exner* nennt die ganze Schicht ein Lager markhaltiger Fasern von verschiedener Dicke und Verlaufsrichtung. Es finden sich in ihr feinste Fasern vor, gemischt mit den dicksten, wie sie in peripheren Nervenstämmen vorkommen und zwar der Oberfläche parallel, jedoch nach den verschiedensten Richtungen verlaufend. Auch aus den inneren Schichten aufsteigende und hier in horizontale Ebenen umbiegende Fasern kann man sehen.

An verschiedenen Stellen der Hirnoberfläche zeigt der hier geschilderte allgemeine, *vierschichtige Rindentypus* gewisse Abweichungen, welche jedoch zumeist keine besondere Wichtigkeit haben, insoferne als es sich nur um wenig deutlich ausgesprochene Verschiedenheiten der Mächtigkeit und um schärfere oder weniger scharfe Sonderung der einzelnen Rindenschichten handelt. Ob diesen Differenzen überhaupt eine Bedeutung zukommt, ist noch durchaus zweifelhaft, umsomehr, als wir über die Bedeutung der einzelnen Rindenschichten selbst im Unklaren sind.

Eine besondere Beschreibung sollen desshalb nur zwei Rindengebiete erfahren, welche in ihrem Bau eine weitergehende Abweichung von dem allgemeinen Rindentypus darbieten.

Die Rinde der Hakenwindung (gyrus hippocampi) und das Ammonshorn (cornu Ammonis).

Zum Verständniss des Baues dieser Theile ist es vor Allem geboten, die Bedeutung des *Gewölbes* sich vor Augen zu halten. Dieses ist bekanntlich der mediale Abschnürungssaum des Hemisphärenbläschens vom Zwischenhirn. Es besitzt nur scheinbar einen freien Rand, da dieser sich direkt in die obere und untere Epithelbekleidung des Plexus choroideus fortsetzt.

Mit Hülfe seines Epithelüberzuges ist der Plexus choroideus lateralis andererseits an die obere Sehhügelfläche geheftet und begrenzt so scharf das Zwischenhirn.

Dort, wo das Gewölbe mit seinen divergirenden Schenkeln, als *Fimbria*, an der medialen Wand des Unterhornes nach vorne und unten

verläuft, tritt seine Bedeutung als Abschnürungssaum der Hemisphäre um so deutlicher hervor, als sich hier sein Zusammenhang mit dem weissen Marklager an der medialen Wand des Unterhornes direkt nachweisen lässt. Die Fimbria zeigt an ihrem inneren oberen Rande ebenfalls noch den continuirlichen Zusammenhang mit dem Epithelüberzug des Plexus choroideus. Durch diesen letzteren, der hier lateral vom äusseren Kniehöcker dem Sehhügel angeheftet ist, wird das Unterhorn von der medialen Seite her verschlossen (seine Höhlung steht daher nicht in freier Communikation mit der Gehirnoberfläche).

Ebenso wie der schmale Markstreifen der Fimbria den Abschnürungssaum des Hemisphärenmarkes darstellt, muss sich hier auch ein ähnlicher Saum an der Gehirnrinde, welche das Mark ja continuirlich überkleidet, vorfinden. Dieser Saum wird durch die der *Hakenwindung* angehörende *Fascia dentata Tarini* repräsentirt. Ihr Bau wird erst verständlich, wenn wir folgenden Ueberlegungen Raum geben.

Die *Hakenwindung*, deren, wie schon erwähnt, mit der Fimbria continuirliches Marklager die mediale Wand des Unterhornes bildet, erscheint durch eine in der Längsrichtung der Windung verlaufende Furche, die *Fissura hippocampi*, tief eingeschnitten. Durch die etwas nach oben gekrümmte Furche, welche einen äusserst gefässreichen Piafortsatz enthält, wird die mediale Wand des Unterhornes stark vorgetrieben, und diese, selbstverständlich von weisser Substanz (dem Marklager der Hakenwindung, hier *Muldenblatt* genannt) überkleidete Vorwölbung ist das *Ammonshorn*. Dieses sieht von allen hier zu beschreibenden Theilen allein in die Höhlung des Unterhornes.

Nach oben zu geht das dem Grunde der Fissura hippocampi entsprechende Ammonshorn in den Randsaum der Hemisphäre über, welcher aus der Fimbria und der Fascia dentata *Tarini* besteht: nach unten zu setzt es sich in die Rinde der Hakenwindung fort, welche hier den Namen des *Subiculum cornu Ammonis* führt. Fascia dentata und Subiculum erscheinen bei Betrachtung der medialen Hemisphärenfläche, an welcher sie zu Tage liegen, durch die Fissura hippocampi von einander geschieden.

Die Hakenwindung ist fernerhin dadurch ausgezeichnet, dass an ihr die bei dem vierschichtigen Rindentypus erwähnte Randschicht (oberflächlicher Marksaum) eine viel ansehnlichere Entwicklung erreicht und schon makroskopisch kenntlich wird.

Dieser verdickte Marksaum setzt sich auch in die Tiefe der Fissura hippocampi fort und erscheint deshalb an dem frontalen Durchschnitte als ein doppeltes Markblatt, welches den gefässreichen Piafortsatz der Fissur begrenzt und mit ihm fest verwachsen erscheint. Es heisst *Lamina medullaris involuta* oder *Kernblatt*.

Nach dieser vorläufigen Auseinandersetzung, welche uns die ganze Formation als ein gleichsam S-förmig gekrümmtes Rindenblatt kennen gelehrt hat, wollen wir an die Beschreibung der histologischen Eigenthümlichkeiten dieses Theiles der Hirnrinde treten und dabei von dem *Subiculum cornu Ammonis*, welches den Uebergang zur übrigen Rinde vermittelt, ausgehen.

Hier fällt an frontalen Durchschnitten die starke Entwicklung der Randschicht auf; darunter trifft man die zellenarme Schicht, dann eine wohl entwickelte Pyramidenzellenschicht, welche die zweite und dritte

Schicht des allgemeinen Typus repräsentirt, und endlich eine sehr wenig entwickelte vierte Schicht (Schicht der kleinen Nervenzellen), die gegen das Ammonshorn hin völlig verschwindet.

In dem nächst anschliessenden Abschnitt dieses Rindentheiles — dem *Ammonshorn* — lassen sich, von der Oberfläche angefangen, welche der Fissura hippocampi zugewendet ist, folgende Schichten unterscheiden: 1) Das *Kernblatt,* als Fortsetzung der verdickten Randschicht der Hakenwindung, vorzugsweise aus senkrecht zur Längsaxe des Ammonshornes verlaufenden markhaltigen Nervenfasern zusammengesetzt. 2) Das *Stratum reticulatum*, welches aus einem von sehr zahlreichen Capillaren durchsetzten lockeren Netzwerke der Hornspongiosa besteht und nur an der Grenze der nächstfolgenden Schicht einzelne kleine Ganglienzellen enthält. Es entspricht der zellenarmen Schicht des allgemeinen Typus. 3) Das für diesen Rindentheil charakteristische *Stratum radiatum*, eine fein radiär gestreifte Schicht, welche nahezu ausschliesslich aus den in wenig Stützsubstanz eingebetteten Spitzenfortsätzen der eine weitere, schmale Schicht bildenden Pyramidenzellen besteht. 4) Diese *Pyramidenzellenschicht* enthält als wesentlichen Bestandtheil pyramidenförmige Zellen mittlerer Grösse. Eine weitere, der vierten des allgemeinen Rindentypus entsprechende Schicht fehlt, denn die Axencylinderfortsätze der Pyramidenzellen setzen sich unmittelbar in das *Muldenblatt*, d. i. die dem Hemisphärenmark entsprechende weisse Substanz, fort, welche die mediale Wand des Unterhornes auskleidet und in die Fimbria übergeht.

Der letzte Abschnitt dieses Rindentheiles — die *Fascia dentata Tarini* zeichnet sich schon makroskopisch an mit Carmin gefärbten Durchschnitten durch einen der Oberfläche parallel verlaufenden, breiten rothen Streifen aus.

Die Oberfläche der Fascia dentata wird von der stark entwickelten Randschicht, welche einerseits in das Kernblatt, andererseits in die freie Fläche der Fimbria übergeht, gebildet, hier unter dem Namen *Stratum marginale* bekannt. Unter diesem liegt ein Aequivalent der zellenarmen Schicht, das *Stratum moleculare*, und dann folgt das schon makroskopisch kenntliche *Stratum granulosum* (Körnerschicht), welches zum Theil aus kleinen, unregelmässig geformten Ganglienzellen, zum Theil aus kleinen Pyramidenzellen besteht, und eine ungewöhnliche Entwicklung der zweiten Schicht des allgemeinen Typus darstellt. Nach innen von diesem Stratum findet sich die sehr mächtige *Pyramidenzellenschicht* mit einer ähnlichen radiären Streifung, wie im Ammonshorn, doch mit etwas weniger regelmässiger Anordnung der Zellen. Auf diese folgt dann das Muldenblatt, und die Fimbria, welche beide dem Hemisphärenmark (Markleiste der Windungen) entsprechen.

Der Riechlappen. Bulbus olfactorius. Ursprung der Riechnerven.

Dieser der unteren Fläche des Stirnlappens anliegende Theil des Grosshirnmantels ist bei Thieren mit sehr entwickeltem Geruchsinn (z. B. Hund) als ein wirklicher und gleich den anderen mit einer Höhlung versehener Gehirnlappen nachzuweisen. Beim Menschen ist er nur in verkümmertem Zustande vorhanden und solid, indem die bei den genannten Thieren als eine Fortsetzung des Vorderhornes der Seitenventrikel aufzufassende Höhlung durch Verklebung und entsprechende Umwandlung der Ependymflächen völlig verschwunden ist. Immerhin aber lassen sich von vergleichend anatomischem Standpunkte aus die einzelnen Theile dieses unscheinbaren *Riechlappens* auf die Grundform zurückführen. Er besteht aus drei Theilen, dem *Tuber olfactorium*, einem kleinen kegelförmigen Lappen, welcher mit der grauen Substanz der Lamina perforata anterior continuirlich ist, dem schmalen *Tractus olfactorius* und dem vordersten, noch am besten erhaltenen Theil — dem *Bulbus olfactorius*, von welchem die eigentlichen peripheren Riechnerven, die *Fila olfactoria*, abgehen.

Bei Thieren sind zwei sog. *Wurzeln des Riechlappens* gut entwickelt zu sehen, von denen die eine, laterale, den Riechlappen mit der Hakenwindung, die zweite, mediale, diesen mit der Rinde der medialen Hemisphärenfläche in Verbindung setzt. Am menschlichen Gehirn sind diese Wurzeln nur als zwei unbedeutende, dem Tractus und Tuber anliegende, von wenig grauer Substanz überkleidete Markstreifen nachweisbar, von denen der laterale zum Gyrus hippocampi, der mediale zum Gyrus fornicatus zieht.

Was den histologischen Bau des menschlichen Riechlappens betrifft, so bestehen sämmtliche Theile desselben aus grauer und weisser Substanz, aus deren Schichtung und Vertheilung man noch die ursprüngliche Anlage herauszulesen im Stande ist.

Die weisse Substanz des Tuber olfactorium steht, auch beim Menschen, nachweisbar mit dem Mark des Stirnlappens in Verbindung, ausserdem aber dient sie gleich allen übrigen Grosshirnlappen einem Associationssysteme zum Ursprung. Von der Basis des Tuber nemlich tritt ein dünner Faserzug durch die Lamina perforata anterior nach oben und innen, und schliesst sich der *vorderen Commissur* an. Oben (S. 281) wurde seiner bereits gedacht.

Dieser zuerst von *Meynert* beschriebene Faserzug (pars olfactoria der Commissura anterior, *Ganser*) wächst in der Thierreihe mit der zunehmenden Entwicklung des Riechlappens. Nach Exstirpation des Bulbus olfactorius der einen Seite atrophirt er in seiner Totalität, und zugleich die Hakenwindung auf derselben Seite.

Im Bulbus olfactorius sind auch beim Menschen noch die einzelnen Bestandtheile des ursprünglich mit einer Höhlung versehenen Gehirnlappens nachzuweisen, allerdings in veränderter Lage und Gestalt, weil die Rinde nur an der ventralen Fläche eine relativ mächtige Entwicklung erreicht.

Vor Allem erkennt man an einem queren Streifen gelatinöser Substanz die Verschmelzungsstelle des Ventrikel-Ependyms. Ueber diesem Streifen findet sich nur eine dünne Markschicht und über dieser eine schmale Schicht grauer Substanz, als verkümmerter Rest der Hirnrinde. Unter diesem Streifen, und die beiden lateralen Enden desselben umfassend, liegt gleichfalls weisse Marksubstanz mit längsverlaufenden Nervenfasern. Unter dieser Markschicht folgt dann die eigenthümlich veränderte Rinde, welche für den Bulbus olfactorius, auch des Menschen, charakteristisch ist. Sie besteht nach *Schwalbe* aus folgenden Schichten: 1) *Schicht der Nervenfaserplexus und Körner*, ein reiches Geflecht von markhaltigen Nervenfasern, in welches linsenförmig gestaltete Gruppen von Körnern (kleinen Ganglienzellen?) eingebettet sind: 2) eine *Ganglienzellenschicht* mit kleinen und wenig dicht angeordneten, jedoch auf Grund vergleichend anatomischer Thatsachen den Pyramidenzellen homologen Ganglienzellen; 3) eine *gelatinöse Schicht* mit eingestreuten kleinen Ganglienzellen, welche der zellenarmen Schicht entspricht; 4) die *Schicht der Glomeruli olfactorii*, der eigentliche charakteristische Bestandtheil dieses Rindenabschnittes. In ihr finden sich die *Olfactoriusknäuel* (Glomeruli olfactorii), eigenthümliche, kugelige, mit mehrfachen Kernen versehene Gebilde, deren innere Struktur noch nicht völlig aufgeklärt ist: sie werden allgemein als Ursprungsstätten der marklosen Olfactoriusfasern angesehen; 5) die *Olfactoriusschicht*, aus einem dichten Geflechte markloser Fasern bestehend. Aus dieser Schicht entwickeln sich die Fila olfactoria, welche durch die Oeffnungen der Siebplatte zur Riechschleimhaut treten.

W. Krause hält die letzte Schicht für das Wurzelgebiet des Riechnerven, die Olfactoriusknäuel für den Spinalganglien homologe Gebilde.

Hüllen des Centralorganes.

Von den drei, die nervösen Centralorgane umschliessenden Häuten gehen die Dura mater und die Arachnoidea in einer fortlaufenden Flucht über das Gehirn und Rückenmark hinweg. Die Pia mater hingegen, als Trägerin der Ernährungsgefässe, zieht sich in alle Windungen und Furchen dieser Organe hinein und hängt durch Vermittlung der Blutgefässe und der mit denselben abzweigenden

Bindegewebszüge inniger mit ihnen zusammen. Durch die Uebereinanderschichtung der genannten drei Häute entstehen Räume und Spalten, welche entweder mit geringen Mengen von Flüssigkeit (*Cerebrospinalflüssigkeit*) erfüllt sind, oder auch durch unmittelbares Aneinanderliegen der Häute geschlossen sein können. Der äusserste dieser Räume, zwischen Dura mater und Arachnoidea gelegen, heisst der *Subduralraum* (auch *Arachnoidealraum*, weil man sich bis vor kurzer Zeit vorstellte, dass die Arachnoidea eine Art von serösem Sack vorstelle, dessen äusseres Blatt mit der Innenfläche der Dura mater verwachsen wäre). Es ist wichtig, zu bemerken, dass durch Injection farbiger Flüssigkeiten eine Communikation desselben mit den tiefen Lymphgefässen des Halses nachgewiesen worden ist (*Schwalbe*, *Key* und *Retzius*).

Der zwischen Arachnoidea und Pia mater befindliche *Subarachnoidealraum* bildet nicht, wie der früher genannte, ein fortlaufendes Continuum, sondern zerfällt aus dem Grunde, weil die beiden Häute an vielen Stellen, namentlich an den Kuppen der Hirnwindungen, mit einander verschmolzen sind, in zahlreiche kleinere oder grössere Abtheilungen, welche indessen alle mit einander anastomosiren. Auch im Rückgratkanale wird dieser Raum, wenngleich nur unvollkommen, durch das *Ligamentum denticulatum*, welches in bekannter Weise die Pia mit der Arachnoidea und Dura verbindet, in eine *vordere* und *hintere* Abtheilung gebracht. Dieser Raum, der eigentliche Behälter der Cerebrospinalflüssigkeit, ist ausserdem allenthalben von gröberen und feineren, vielfach verästigten Bindegewebsbälkchen durchzogen, welche in eminenter Weise die auf Seite 115 besprochenen Quellungserscheinungen auf Zusatz von Essigsäure zeigen. In ihm verlaufen ferner, insbesondere an der Schädelbasis, eine Strecke weit die gröberen Blutgefässstämme. Ein dritter Raum, der sich jedoch nur künstlich durch Aufblasen oder Injection, oder auch nach manchen mit Schrumpfung der Gehirnsubstanz einhergehenden Härtungsmethoden als solcher demonstriren lässt, befindet sich zwischen der freien Gehirnoberfläche und der Pia mater. Er wird als *Epicerebralraum* bezeichnet. Er wird natürlich von den zahlreichen aus der Pia in das Gehirn eintretenden Blutgefässen und Bindegewebsbälkchen durchzogen.

In Betreff der Hirnhäute selbst ist zunächst zu bemerken, dass die Dura mater cerebri nicht nur als Hülle des Gehirns in Betracht kommt, sondern gleichzeitig auch die Bedeutung *eines Periostes der inneren Schädelfläche* besitzt. Man unterscheidet demzufolge an der Dura mater *zwei Schichten*, welche indessen geweblich keine auffallenden Differenzen zeigen. Ueberall sind es straffe Bindegewebszüge, mit reichlichen, elastischen Fasern durchzogen, welche die Hauptmasse dieser Haut ausmachen. Zwischen den Bindegewebsbündeln ziehen

sich feine, spaltenartige Räume hin, welche durch Einstich-Injection erfüllt werden können. Man darf dieselben als Saftbahnen ansehen: ob sie aber, wie von mancher Seite behauptet wird, in präformirtem, offenem Zusammenhang mit dem Subduralraum stehen, bedarf wohl noch besserer Beweise. An der inneren Oberfläche treten die Bindegewebsbündel schon für das freie Auge deutlich hervor, und zwar insbesondere im Bereiche und in der Nähe der grossen Sichel, als sagittal verlaufende, in der Seitenwand- und Hinterhauptsgegend als mehr frontal gestellte, in weiten Bogen sich überkreuzende Faserzüge.

An zelligen Elementen enthält die Dura die gewöhnliche Form der platten Bindegewebszellen, ausserdem aber in grosser Zahl die *Waldeyer-schen* Plasmazellen. Die *äussere* Schichte der Dura mater ist ausserordentlich reich an Blutgefässen, von welchen grössere und kleinere Zweige in grosser Zahl in die Schädelknochen übertreten. Die *innere* Lage hingegen enthält nur wenige Blutgefässe.

Die *Dura mater spinalis* zeigt insofern andere Verhältnisse, als sie mit der knöchernen Wand des Rückgratkanales keine nähern Beziehungen hat, und nur an den Intervertebrallöchern inniger mit ihr zusammenhängt. Es findet nemlich die periostale Schichte der Dura mater cerebralis an dem Foramen occipitale magnum ihr Ende, so dass der Rückenmarksantheil der Dura mater nur mehr der inneren Lage der ersteren entspricht. Demgemäss ist sie verhältnissmässig arm an Blutgefässen. Die *innere Oberfläche* der Dura ist allenthalben mit einem continuirlichen Ueberzug von plattenförmigen endothelialen Zellen bekleidet.

Die *Nerven* der Dura mater breiten sich hauptsächlich entlang den Blutgefässen aus, und dürften wohl zum grössten Theile als Gefässnerven aufzufassen sein. Es ist jedoch nichts Sicheres über ihr schliessliches Verhalten bekannt. An der Schädelbasis sind in ihrem Verlaufe an der oberen Fläche des Felsenbeines *Pacini'sche* Körperchen gefunden worden.

Die *Arachnoidea*, aus feineren Bindegewebsbündeln theils dichter, theils lockerer gewebt, enthält nur äusserst spärliche Blutgefässe und wahrscheinlich keine eigenen Nerven. An ihren freien Flächen trägt sie beiderseits einen Endothelbelag. Aus der äusseren Oberfläche der Arachnoidea erheben sich an gewissen Stellen zapfen- oder kolbenförmige, theils vereinzelte, theils zu grösseren Gruppen vereinigte Auswüchse (*Arachnoidealzotten*), welche die Grundlage der *Pacchionischen Granulationen* bilden. Bei stärkerer Ausbildung dringen sie mehr oder weniger tief in das Gewebe der Dura ein und breiten sich in demselben pilzhutförmig aus; sie erscheinen dann in dem Bereiche der letzteren von einem venösen Raume scheidenartig umgeben. Man pflegt dieses Verhältniss wohl auch so auszudrücken, dass die Arachnoidealzotten in venöse Räume der Dura eingestülpt seien. Das Gewebe der

Zotten selbst besteht aus netzförmig geordneten Bindegewebsbälkchen, welche sich aus dem Subarachnoidealraum herein fortsetzen, in der Weise, dass auch die zwischen den Bälkchen befindlichen Maschenräume mit jenem communiciren. An der Peripherie werden die Zotten durch eine zusammenhängende, von Endothel bekleidete Bindegewebsmembran abgeschlossen.

Die *Pia mater* ist aus äusserst feinen Bindegewebsbündeln gebildet, welche sich streckenweise nur sehr schwer isolirt darstellen lassen; elastische Fasern scheinen vollkommen zu fehlen. Blut- und Lymphgefässramifikationen sind in ihr ausserordentlich reichlich, ebenso Nervenausbreitungen in grosser Zahl vorhanden. Es ist besonders zu erwähnen, dass die letzteren in Begleitung der Blutgefässe auch in die Substanz des Gehirnes und Rückenmarkes eindringen (*Kölliker*). Die von der Pia mater sich abzweigenden *Telae choroideae* zeigen einen analogen Bau. Sie besitzen jedoch an ihren freien Flächen einen Belag von kubischen, stark granulirten Zellen, welche bei Embryonen und neugeborenen Kindern Flimmercilien tragen. Diese Zellen enthalten gewöhnlich krümliche, gelbbraune Pigmentschollen oder auch gelblich gefärbte Fetttröpfchen, und ist an ihnen noch bemerkenswerth, dass sie dünne, fadenförmige Fortsätze in die unterliegende Bindegewebsschichte hineinschicken. Die *Plexus choroidei* bestehen im Wesentlichen aus Ramifikationen feiner Blutgefässe, deren einzelne Abtheilungen knäuelförmig gewundene, zottenartige Läppchen darstellen. Zotten in gewöhnlichem Sinne kommen nicht vor. Es sind vielmehr die sämmtlichen Blutgefässe an ihrer ganzen Oberfläche mit kubischen Zellen bekleidet, wie sie an den Telae choroideae beschrieben worden sind. Die zwischen ihnen bleibenden Lücken werden durch eine vollkommen strukturlose Substanz ausgefüllt. Abzweigungen dieser Gefässe treten in die Gehirnsubstanz ein.

Die Blutgefässe des Centralorganes.

Sie zeigen rücksichtlich der feineren Ramifikationsweise in den verschiedenen Abschnitten des Centralorganes ein ziemlich übereinstimmendes Verhalten. Es ist vor Allem hervorzuheben, dass das capillare Netz in der grauen Substanz ein viel dichteres ist als in der weissen, aber continuirlich von der einen in die andere übergeht. In der grauen Substanz ist übrigens die Gefässvertheilung durchaus nicht allerorts eine ganz gleichmässige, so dass beispielsweise die tieferen Schichten der Gross- und Kleinhirnrinde viel reicher an Gefässen sind, als die oberflächlichen. Die einzelnen Capillarröhrchen sind in der weissen Substanz länger, in der grauen kürzer und stärker verästigt, theils in halbkreisförmigen, theils

in spiralförmigen Touren gekrümmt. Da die meisten zuführenden arteriellen Gefässe sich schon in der Pia in feine Zweige auflösen, und als solche in die Substanz der Centralorgane eintreten, so kann man nicht erwarten, dass ausgebreitete, arterielle Astbildungen in dieser vorkommen. Die erwähnten feinen Zweigchen zerfallen vielmehr nach kurzem, senkrecht zur Oberfläche gerichtetem Verlaufe baumförmig in die Capillargefässe. Nur durch die Laminae perforatae der Gehirnbasis dringen etwas stärkere arterielle Gefässchen ein. Aehnlich verhalten sich die abführenden Venen; sie verlassen schon als kleine Stämmchen, welche nicht immer in Begleitung von Arterien verlaufen, die Substanz des Gehirns und Rückenmarks, um sich erst in der Pia zu grösseren Venen zu sammeln. Bemerkenswerth ist jedoch das constante Vorkommen zweier kleiner Venenstämmchen, welche zur Seite des Centralkanales durch die ganze Länge des Rückenmarkes verlaufen und sich noch beiderseits an der Raphe der Rautengrube auffinden lassen. An dieser letzteren Stelle, sowie in der Nähe des Conus medullaris sammeln sie sich aus mehreren, kleineren, venösen Gefässen. Die grossen Abzugswege des Venenblutes werden für das Rückenmark durch den Plexus venosus internus, für das Gehirn durch die Sinus durae matris hergestellt. Die letzteren, zwischen beiden Blättern der Dura mater gelegen, besitzen mit Ausnahme einer endothelialen Auskleidung, aus grossen, platten, polygonalen Zellen bestehend, keine eigenen Wandungen.

Ueber die *Lymphgefässe* siehe unten.

Die peripheren Nerven.

Aus der Oberfläche der Centralorgane treten an bestimmten Stellen die Nervenfasern, zu Bündeln geordnet, hervor (*Nervenwurzeln*). Ein jedes dieser Bündel erhält eine zarte, bindegewebige Umhüllung, welche sich aus den Elementen der Pia mater zusammensetzt. Mehrere solcher Nervenwurzeln legen sich zu einem *Nervenstamm* an einander, durchbrechen die Arachnoidea und führen auch von ihr bindegewebige Elemente mit. Eine festere Umhüllung erhält der Nervenstamm erst von seinem Durchtritte durch die harte Hirnhaut ab, indem sich von dieser aus derbe Bindegewebszüge auf die Oberfläche des Nervenstammes herüberschlagen.

Wir sehen also eine fortlaufende Continuität des Bindegewebes der sämmtlichen Hirn- und Rückenmarkshäute mit jenem Bindegewebe, welches in den Aufbau der grösseren Nervenstämme einbezogen ist. In einzelnen Fällen erhält sich eine nachweisbare Sonderung zwischen den Gewebsantheilen, welche die einzelnen Hirnhäute in den Nerven-

stamm hineinschicken (Nervus opticus); meistentheils aber vermengen sie sich bald derart, dass nur noch die äussere Umhüllung des Nerven als continuirliche Fortsetzung der Dura mater erkannt werden kann.

Die Zerlegung eines beliebigen, grösseren Nervenstammes mit Scheere und Pincette lässt schon mit Leichtigkeit erkennen, dass die verhältnissmässig starke allgemeine Bindegewebshülle (*Perineurium W. Krause*, *Nervenscheide*) desselben eine Anzahl, durch lockeres Bindegewebe unter einander verbundener, gröberer Stränge (*secundäre* und *tertiäre Bündel*, *W. Krause*) in sich schliesst. Die secundären Bündel werden aus einer Anzahl von *primären* Bündeln zusammengesetzt und besitzen, ähnlich wie der ganze Nervenstamm, ein selbständiges Perineurium (*Perineurium der secundären Bündel, W. Krause*). Alle diese Bündel werden durch ein lockeres, mit flachen Zellen reich durchsetztes Bindegewebe vereinigt.

Fig. 80.

Theil eines senkrechten Durchschnittes durch den Nervus medianus des Menschen. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 2.)

Von den Bindegewebshüllen der primären Bündel erstrecken sich zarte, häutchenartige Fortsetzungen (*endoneurales Bindegewebe*) zwischen die Nervenfasern hinein, um für jede einzelne der letzteren eine besondere Scheide zu formen. Es gestaltet sich so das Bindegewebsgerüste der Nerven ganz analog den Perimysien der willkürlichen Muskulatur. Senkrecht zum Verlauf eines Nerven geführte Durchschnitte lassen dies deutlich erkennen. Die äussere Umhüllung des Nervenstammes erscheint da in Form eines aus dichtem fibrillärem Bindegewebe und elastischen Fasern geformten Ringes, von dessen innerer Umrandung sich allenthalben Bindegewebsbündel ablösen, um zwischen die Querschnitte der tertiären und secundären Bündel einzudringen und daselbst locker gewebte Scheidewände herzustellen. Mit diesen steht dann wieder das Perineurium der secundären Bündel in continuirlichem Zusammenhange. Die Querschnitte der secundären Bündel wiederholen im Kleinen ganz das Bild des Gesammtnerven. Von der Innenfläche ihres Perineuriums lösen sich bindegewebige Dissepimente ab, welche zunächst die Nervenfasern gruppenweise zu

(primären) Bündeln vereinigen, mit ihren feinsten Ausläufern aber sich zwischen die einzelnen Nervenfasern selbst hinein begeben. Dieses endoneurale Bindegewebe lässt nur in seinen etwas stärkeren Septen noch eine fibrilläre Beschaffenheit erkennen; die Hüllen der einzelnen Fasern aber erscheinen als zarte homogene Häutchen mit ab und zu angelagerten, platten Zellen. Sie treten an dünnen Querschnitten erst nach Anwendung verschiedener Färbemethoden deutlich hervor, am besten dann, wenn der Zusammenhang des Schnittes durch die Präparation etwas gelockert worden ist.

Was die Nervenfasern betrifft, so kommen in den Nerven, welche man als *Gehirn- und Rückenmarksnerven* bezeichnet, in ganz überwiegender Mehrzahl markhaltige Fasern vor. Die marklosen sind nur in kleinen, vereinzelten Bündelchen an manchen Verlaufsstrecken dieser Nerven vertreten. Bezüglich der markhaltigen Fasern vermag man in einem und demselben Strang, ja in einem und demselben Bündel gewöhnlich die verschiedensten Dickendurchmesser nachzuweisen. Die Fasern verlaufen innerhalb der Nervenstämme ungetheilt und im Grossen und Ganzen in paralleler Richtung zu einander. Dabei kommt es aber nicht selten vor, dass einzelne Fasern von einem Bündel in ein anderes übertreten, dass ein Strang mit einem benachbarten Anastomosen eingeht oder sich theilt, oder endlich, dass zwei Stränge oder Bündel sich mit einander vereinigen. Eine solche Umordnung der Fasern vollzieht sich in den grossen Nervenstämmen nur ausnahmsweise an einzelnen Stellen und betrifft immer nur einen kleineren Theil derselben; in ausgiebiger Weise erfolgt sie jedoch in den sog. *Nervenplexus*, deren Bedeutung ja hauptsächlich darin gelegen ist, dass die aus ihnen hervorgehenden Nerven aus Faserantheilen verschiedener Stämme zusammengesetzt und geordnet werden.

Wenn das Angeführte nun hauptsächlich für die grösseren Stämme der cerebrospinalen Nerven gilt, so zeigen sich an den kleineren Zweigen derselben doch ganz analoge Verhältnisse. Die Verästigung eines Nervenstammes geschieht einfach in der Weise, dass ein stärkeres Dissepiment von der äusseren bindegewebigen Umhüllung aus sich entwickelt, welches die tertiären und secundären Bündel des Nerven in zwei Abtheilungen sammelt. Diese letzteren gewinnen allmälig an Selbständigkeit dadurch, dass sich immer mehr und mehr Bindegewebszüge aus der allgemeinen Umhüllung in das Septum einsenken und sich dergestalt anordnen, dass jede Abtheilung ihre gesonderte Umhüllung erhält. Beide Abtheilungen können noch auf weite Strecken hin durch lockeres Bindegewebe verbunden bleiben, bis sie sich endlich gänzlich von einander lösen. In anderen Fällen kommt es nur zur Ausscheidung eines secundären oder tertiären Bündels aus der

Continuität des Nerven, welches dann sein eigenes Perineurium behält, und dasselbe noch durch Entlehnung von Faserzügen aus der allgemeinen Umhüllung verstärkt. Die kleineren Nervenzweige zeigen, bevor sie in den Ort ihrer Bestimmung eintreten, noch immer eine deutliche Abtheilung ihrer Fasern zu mehreren primären Bündeln, in welche sie dann im weiteren Verlaufe innerhalb des zu versorgenden Organes zerfallen.

Die Nerven *des sympathischen Systemes* unterscheiden sich von den cerebrospinalen durch die hervorragende Betheiligung von marklosen Nervenfasern an ihrem Aufbau. Das numerische Verhältniss derselben zu den markhaltigen Fasern wechselt je nach den verschiedenen Oertlichkeiten, doch bleibt die Anzahl der letzteren in allen Gebieten eine bemerkenswerthe. Beide Arten von Fasern sind gewöhnlich durch einander gemengt, manchmal aber auch (in gewissen Bezirken des Grenzstranges) tritt eine schärfere, bündelweise Sonderung der markhaltigen und marklosen Fasern auf. In den feinsten, noch mit freiem Auge verfolgbaren Zweigchen der Geflechte und peripheren Ausstrahlungen des Sympathicus sind stets noch beide Arten vertreten. Ausserdem sind die sympathischen Nerven noch dadurch ausgezeichnet, dass sie häufig in ihrem Verlaufe einzelne, oder kleine Gruppen von Ganglienzellen eingestreut enthalten. Das Bindegewebsgerüste verhält sich im Wesentlichen gleich wie bei den cerebrospinalen Nerven, mit dem Unterschiede, dass von den marklosen Fasern nicht jede einzelne gesondert von dem endoneuralen Bindegewebe umgeben wird, sondern stets mehrere eine gemeinschaftliche Umhüllung erhalten.

Die Blutgefässe der Nerven sind ziemlich reichlich und stammen für die grössten Stämme meist aus eigenen, sie begleitenden Arterien, für die kleinen Zweige jedoch aus den Gefässen der unmittelbaren Umgebung. Das Bindegewebsgerüste gibt auch hier den Träger für ihre Ausbreitungen ab. Das Capillarsystem, in den Septen der primären Bündel und auch zwischen den einzelnen Fasern gelagert, formt lang gezogene Maschen, indem die Capillarröhrchen grösstentheils mit dem Laufe der Fasern parallel gehen und nur durch spärliche Querästchen anastomosiren.

Ueber die *Lymphbahnen* siehe unten.

Die Ganglien.

In ihrem Verlaufe von dem Centrum gegen die Peripherie gesellen sich den Nerven an ganz bestimmten Oertlichkeiten Ganglienzellen zu. Erreichen die letzteren an einer umschriebenen Stelle eine

grössere Anzahl, so gibt sich dies dem freien Auge durch eine spindelförmige, kugelige oder mehr unregelmässige Anschwellung kund, welche entweder in den Verlauf des Nerven eingeschaltet ist, oder ihm an einer Seite aufsitzt. Es sind dies die in der Anatomie besonders benannten Ganglien, welche als *Stammganglien der cerebrospinalen Nerven*, und als *Ganglien im Bereiche des sympathischen Nervensystems* zusammengefasst werden können. Ausserdem aber finden sich in den Stämmen und Zweigen mancher Nerven einzelne, oder zu kleinen Gruppen gesammelte Ganglienzellen vor, welche nur durch das Mikroskop nachgewiesen werden können (im Stamme des N. oculomotorius und accessorius *Willisii* und besonders reichlich in den sympathischen Nerven), und ebenso an der letzten Ausbreitung der Nerven, innerhalb der von ihnen versorgten Organe (Nervus glossopharyngeus und Ramus lingualis trigemini in der Zunge, und am häufigsten wieder in den verschiedenen, vom Sympathicus versorgten Organen).

Fig. 81.

Gruppen von Ganglienzellen in kleinere Nervenstämmchen eingelagert.
A. Zupfpräparat aus dem Froschherzen.
B. Aus dem Sympathicus des Frosches. Beide Objekte frisch mit Kochsalzlösung dargestellt.
Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2. (Nach Original-Präparaten von Prof. *Sigm. Mayer*.)

Fertiget man von irgend einem Ganglion in der Richtung der ein- und austretenden Nerven Durchschnitte an, so erhält man bei Untersuchung mit schwachen Vergrösserungen einen Ueberblick über die allgemeine Anordnung der Elemente desselben. Man überzeugt sich zunächst, dass die periphere Umhüllung der ein- und austretenden Nerven continuirlich in eine mehr oder weniger starke, das Ganglion bekleidende Membran übergeht. Die Fasern der *eintretenden* Nerven durchziehen dasselbe in zahlreichen kleinen Bündeln, zwischen denen entweder reihenartig, oder in kugeligen Haufen Ganglienzellen auftreten. Gewöhnlich bemerkt man auch eine plexusartige Durchflechtung der Nervenfaserbündel und ganz vereinzelte, in dieselben eingestreute

Zellen. Gegen die Oberfläche des Ganglions hin sind die Zellen gewöhnlich dichter gehäuft, als in den mittleren Partheien. Aus den zerstreuten Faserbündeln sammeln sich an einer oder mehreren Stellen der Peripherie die *austretenden* Nerven. Es darf als sicher angenommen werden, dass zum mindesten ein grosser Theil der eintretenden Nervenfasern einfach durch das Ganglion hindurchzieht, ohne mit den Zellen in direkte Berührung zu kommen.

Der ganze Ganglionknoten ist ausserdem von einem zart fibrillirten Bindegewebe durchzogen, welches sowohl mit der äusseren Umhüllung desselben, als auch mit dem endoneuralen Bindegewebe der ein- und austretenden Nerven in continuirlichem Zusammenhang steht. Ein sehr reichliches Capillargefässnetz, welches namentlich die einzelnen Zellen mit seinen Maschen umgibt, ist in dieses Bindegewebe eingelagert.

Die feineren Texturverhältnisse der Ganglien, insbesondere die näheren Beziehungen der Ganglienzellen zu den Nervenfasern lassen sich nur an Zupfpräparaten erforschen. Die Untersuchung bleibt unter allen Umständen eine äusserst schwierige; am besten noch ist es, ganz frische Objekte mit Jodserum entweder sofort, oder nach 2—3tägiger Maceration in dieser Flüssigkeit zu verwenden. Auch *Müller'sche* Flüssigkeit, oder doppelt chromsaures Ammoniak liefern nach mehrtägiger Einwirkung oft instructive Bilder. Um sich das Zerzupfen zu erleichtern, kann man auch das Ganglion durch 24—48 Stunden in verdünnte Salpetersäure oder Salzsäure (0·2 pro mille) einlegen und nach Auswaschen mit destillirtem Wasser auf 40—50° C. erwärmen.

Mit Rücksicht auf das Verhalten der nervösen Elemente kann man nach unserem jetzigen Wissen die sämmtlichen Ganglien in zwei Gruppen abtheilen:

1. Die *Spinalganglien*, mit welchen das Ganglion *Gasseri*, die Ganglien im Stamme des N. acusticus, das Ganglion jugulare des Vagus und vielleicht auch das Ganglion geniculi des N. facialis und das Ganglion petrosum des Glossopharyngeus übereinstimmen; sie enthalten grosse, kuglige oder scheibenförmig abgeplattete Nervenzellen, welche mit einer concentrisch geschichteten, kernhaltigen Hülle (siehe oben, S. 100) umgeben sind. Neben diesen kommen immer noch kleinere Ganglienzellen vor, welche sich in ihrem Verhalten übrigens nicht weiter unterscheiden. Bezüglich der Fortsätze der Ganglienzellen lassen unsere Kenntnisse noch Manches zu wünschen übrig. Die grosse Mehrzahl der Autoren (*Henle*, *Schwalbe*, *Rawitz* u. A.) tritt zwar entschieden dafür ein, dass die Zellen der Spinalganglien bei den höheren Wirbelthieren durchwegs unipolare seien. Der austretende Fortsatz (*gangliospinale Faser, Schwalbe*) erhält sofort eine Markscheide und kann sich nach kurzem Verlaufe T-förmig theilen (*Ranvier*). Dem gegenüber hat *Arndt* die Zellen der Spinalganglien in der Regel bipolar gefunden. Von allen Seiten wird anerkannt, dass in den entsprechenden Ganglien

der Fische bipolare Zellen mit gegenständigen Fortsätzen entweder ausschliesslich oder doch sehr zahlreich vorkommen.

2. Die Ganglien, welche im Bereiche *des sympathischen Nervensystemes* vorkommen (dazu gehören auch die Astganglien des N. trigeminus); sie enthalten im Allgemeinen kleinere Zellen, welche der Form und Beschaffenheit ihres Zellkörpers nach kaum wesentlich von den vorher beschriebenen abweichen. Auch sie besitzen eine kernhaltige Kapsel, welche mit ihren Elementen auf die austretenden Ausläufer übergeht. Ziemlich häufig kommt ein doppelter Kern vor, was bei Kaninchen und Meerschweinchen die Regel bildet. Wesentlich ist an ihnen, dass sie der grossen Mehrzahl nach der multipolaren Form angehören, dass ihre Ausläufer sämmtlich marklos und zum grössten Theil sehr zart und dünn sind. Mitunter kommen aber auch ziemlich starke Fortsätze zur Beobachtung. Alle Fortsätze der sympathischen Ganglienzellen scheinen sich bald nach ihrem Austritt zu verästigen, ihr weiteres Verhalten ist jedoch durchaus nicht klargestellt; man darf wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass sie zum grössten Theile in marklose (*Remak'sche*) Fasern übergehen. Völlig fortsatzlose, oft in Reihen oder Gruppen an einander gelagerte, kleinere Zellen (Zellennester, *Sigm. Mayer*), welche ziemlich constant in den sympathischen Ganglien vorkommen, hat man als Jugendformen von Ganglienzellen betrachtet. Im Sympathicus des Frosches besitzen viele Ganglienzellen eine umspinnende Faser (siehe oben, S. 100), ein Befund, welcher nach *Courvoisier* auch bei anderen Wirbelthierklassen vorkommen soll.

Nebensächliche Unterschiede, welche zwischen den einzelnen sympathischen Ganglien bestehen, beziehen sich auf die Vertheilung des stützenden Bindegewebes, auf die Anzahl der in die Knoten ein- und austretenden Fasern und etwa noch auf geringe Grössendifferenzen der Ganglienzellen.

Von wesentlich abweichendem Gesichtspunkt aus hat *Sigm. Mayer* die histologische und funktionelle Bedeutung der Structurelemente des sympathischen Nervensystems dargestellt. Nach diesem Forscher besitzen die sämmtlichen peripheren Ganglienzellen eine ganz andere Bedeutung, als die der nervösen Centralorgane. Sie werden als zurückgebliebene Reste jener Bildungselemente angesehen, aus welchen ursprünglich die Nervenfasern sich entwickelt haben, und als solche den Kernen der *Schwann'schen* Scheide (Nervenkörperchen) homolog erachtet; beide diese Bildungen können unter Umständen auch an erwachsenen Individuen wieder zur Entstehung neuer Nervenfasern das Material liefern. Die Fortsätze der Ganglienzellen gehen nicht in wahre, funktionirende Nervenfasern über, sie sind gewissermassen unvollständig

entwickelte Nervenfasern. Die Bedeutung der peripheren Ganglienzellen wäre nach *Sigm. Mayer* eine ausschliesslich nutritive, indem sie mit ihren stofflichen Bestandtheilen zur Ernährung der Nerven dienen und etwa so den Stoffwechsel derselben reguliren, wie die Fettgewebszellen den Gesammtstoffwechsel.

Die peripheren Endigungen der Nerven.

a) **Motorische Nerven.** Zu den Muskeln, welche aus *quergestreiften Fasern* zusammengesetzt sind, verhalten sich die Nerven in folgender Weise. Bald nach ihrem Eintritt in den Muskel zerfallen ihre Stämmchen in mehrere kleinere, eine kurze Strecke weit auf- und absteigende Aestchen, von welchen aus feine Zweige quer oder schief gegen die Muskelfaserrichtung abgehen. Während dem erfolgt eine reichliche Vermehrung der Nervenfasern, indem sich eine jede einzelne Faser wiederholt dichotomisch theilt. Auch zahlreiche Anastomosen zwischen den einzelnen Nervenzweigchen kommen vor, so dass man recht wohl von einem, im Perimysium gelegenen, intramuskulären Nervenplexus sprechen kann. Aus diesen Zweigchen, welche meist etwa 3—5 markhaltige Fasern führen, gehen nun ab und zu einzelne Fasern ab, welche sich noch ein- oder das andere Mal theilen, bis sie endlich an die Muskelfaser selbst herantreten.

Man überzeugt sich von diesem Verhalten leicht, wenn man flache Muskeln (z. B. Augenmuskeln von kleinen Säugethieren) in stark verdünnte Essigsäure (1 pro mille) einlegt und dann in toto mit mittelstarken Vergrösserungen untersucht. Es muss jedoch das physiologisch wichtige Faktum hervorgehoben werden, dass die Verästlung der Nerven und ihrer Fasern lange nicht in allen Muskeln in gleichem Maasse erfolgt. Gerade die Augenmuskeln sind es, welche durch ihre Nervenstämme eine im Verhältniss zu der Anzahl ihrer Muskelelemente bei weitem grössere Menge von Nervenfasern zugeführt erhalten, als dies beispielsweise an den Muskeln der Extremitäten der Fall ist. Da nun jede Muskelfaser ihre eigene Nervenendigung erhält, so ist es natürlich, dass in den Extremitätenmuskeln jede Nervenfaser sich öfters zertheilen muss, als in den Augenmuskeln, und daher ein viel umfangreicheres Ramifikationsgebiet besitzt als in den letzteren. Damit steht aber die Möglichkeit einer viel distincteren Localisation der Bewegungsimpulse in den Augenmuskeln in Zusammenhang.

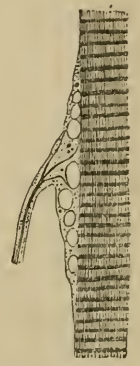
In allen Muskeln begegnet man einzelnen Nervenfasern, welche von dem geschilderten Verhalten abweichen, über längere Strecken hin ungetheilt verlaufen und schliesslich noch im Perimysium sich verlieren, ohne dass sie mit Muskelfasern in direkten Zusammenhang treten würden. Man hält dafür, dass dies sensorische Fasern seien, welche das sogen. Muskelgefühl vermitteln dürften.

Für die Beobachtung des nun zu besprechenden *Endapparates* wählt man am besten zuerst die Muskelfasern von Schwimmkäfern, dann aber von Reptilien

(namentlich von Lacerta viridis), welche zunächst ganz frisch in Humor aqueus zu untersuchen sind; zur eingehenden Information ist die Benützung von Ueberosmiumsäure und von Chlorgold nicht zu entbehren.

Die noch immer markhaltigen und trotz der wiederholten Theilungen nicht bedeutend dünner gewordenen Nervenfasern treten unter Vermittelung der sog. *motorischen Endplatten* mit der Oberfläche der Muskelfaser in Verbindung. Nach *W. Krause* besitzt bei den Wirbelthieren eine jede Muskelfaser, ob kurz oder lang, nur eine einzige Endplatte, während nach anderen Autoren (*Kühne*) längeren Fasern auch mehrere Nervenendigungen zukommen sollen. Das letztere ist bei wirbellosen Thieren an allen Muskelfasern ohne Ausnahme der Fall. Die Endplatten besitzen die Form ganz flacher oder in der Mitte leicht conisch verdickter, rundlicher oder ovaler Scheiben, welche einen Theil der Peripherie der Muskelfaser umfassen. Sie bestehen der grösseren Masse nach aus einer äusserst blassen und zart punktirten Substanz, in welche ziemlich zahlreiche, helle, bläschenartige Kerne eingelagert sind. In der Profilansicht, in welcher die Endplatten an frischen Objekten am leichtesten erkennbar sind (Fig. 82), zeigen sie sich daher als blasse, gegen die Eintrittsstelle der Nervenfaser zu etwas prominirende Streifen, oder auch als flach dreiseitige, hügelige Erhabenheiten (*Doyère'sche Hügel*), welche der Substanz der Muskelfaser unmittelbar aufsitzen. An solchen Ansichten kann man nun erkennen, dass der Axencylinder der herantretenden Nervenfaser in die feinkörnige Substanz der Platte eindringt und sich in derselben zunächst in zwei oder drei Aeste zerspaltet; man erkennt ferner, dass die Markscheide der Nervenfaser unmittelbar an der Endplatte ihr Ende findet, während die *Schwann'sche* Scheide sich als äussere Umhüllung derselben ausbreitet und mit dem Sarkolemma der Muskelfaser verschmilzt. Man überzeugt sich ferner, dass die bläschenartigen Kerne der Endplatte nicht der äusseren Umhüllung, sondern der feinkörnigen Substanz selbst angehören und besonders dort sich anhäufen, wo diese mit der quergestreiften Muskelsubstanz in Contact tritt. Was endlich das Verhalten der Axencylinder-Enden zu der Muskelsubstanz betrifft, so erhält man entschieden den Eindruck, dass sie, sowie überhaupt die ganze Endplatte, nur oberflächlich der contractilen Substanz anliegen und nirgends zwischen dieselbe in die Tiefe eindringen. Dem gegenüber haben sich aber mehrere Autoren (*J. Gerlach*, *Bremer*) mit grösster Bestimmtheit dafür ausgesprochen, dass die Verzweigungen der Axencylinder

Fig. 82.



Profilansicht einer Nervenendplatte aus der Muskulatur des Schenkels von Hydrophilus piceus. (Osmiumpräparat.) (Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 2.)

zwischen die contractilen Elemente der Muskelfasern eindringen und mit der sog. Zwischensubstanz derselben (vgl. S. 86) in continuirliche Verbindung treten. An Flächenansichten der Nervenendplatte sieht man eine, je nach der verschiedenen Thierklasse mehr oder weniger reichliche Verästigung des Axencylinders, dessen feine Endfibrillen schliesslich zugespitzt oder zu kleinen Knöpfchen aufgequollen endigen. Es mag wohl in den Darstellungsmethoden gelegen sein, dass *W. Krause*, gegenüber den meisten anderen Autoren, die Endigung der feinen Nervenfäden als durchwegs knopfförmig beschreibt und abbildet.

Bei den nackten Amphibien ist die Nervenendigung an den quergestreiften Muskelfasern insoferne eine etwas verschiedene, als die fein-

Fig. 83.

Nervenendplatten in der Flächenansicht; von der Eidechse. *Löwit'sche* Chlorgoldmethode. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 3.)

körnige Substanz der Nervenendplatte völlig fehlt. Doch dringt auch hier eine markhaltige Nervenfaser bis an die Muskelfaser heran und zerfällt dort in eine ganze Folge von marklosen Fibrillen, welche sich der Oberfläche der Muskelsubstanz anlegen.

Bemerkenswerth ist eine Beobachtung von *Sachs*, nach welcher die Sehne des Musculus sternoradialis des Frosches stets einzelne markhaltige Nervenfasern enthält, welche sich in der Sehne verästigen und dort als feine, marklose Fädchen ihr Ende finden. Endapparate an denselben, welche *Sachs* beschreibt, sind durch eine Untersuchung *Rollett's* bestätigt und genauer erforscht worden. *Rollett* nennt sie *Nervenschollen* und hebt ihre annähernde Uebereinstimmung mit den motorischen Endplatten hervor. Eine andere Form von Nervenendapparaten an den Sehnen hat *Golgi* beschrieben. Es sind dies lang-

gestreckte, spindelförmige Gebilde, welche an der Grenze von Muskel und Sehne liegen; die in sie eintretenden Nervenfasern verlieren die Markscheide und stellen feine Endgeflechte her.

An der Muskulatur, welche aus *glatten Fasern* besteht, sind bis jetzt keine eigentlichen Endapparate nachgewiesen worden. Die Nerven, welche dieselben versorgen, bilden gewöhnlich, schon bevor sie die Muskellagen erreicht haben, reichliche Geflechte, aus welchen viele kleine Bündelchen markloser Fasern hervorgehen, um zwischen die Muskelbündel einzudringen. Dort erfolgt unter vielfacher Theilung der Fasern eine neue Plexusbildung (*intermediärer Plexus*), und aus diesem lösen sich erst einzelne blasse Fibrillen ab, welche zwischen die einzelnen Muskelfasern gelangen, und sich dort wieder zu sog. *intramuskulären Plexus* verbinden. Die aus solchen hervorgehenden feinsten Fibrillen legen sich nun an die Muskelfasern an. Von *Frankenhäuser* wird angegeben, dass diese Fibrillen in der Gegend des Kernes in die Muskelfaser eintreten und durch die Substanz desselben zu dem Kernkörperchen hinziehen, um in diesem zu endigen. *Arnold* hingegen theilt mit, dass nach seinen Beobachtungen die Fibrillen zwar zu den Kernkörperchen gelangen, jedoch nicht in ihnen ihr Ende finden, sondern einfach dieselben durchsetzen, um wieder aus den Fasern heraus zu dem intramuskulären Plexus zu gelangen. Nach *Löwit* verlaufen die Endfibrillen in der Kittsubstanz zwischen den Muskelfasern und stehen mit diesen in der Gegend des Kernes — mit diesem letzteren direkt aber niemals — in Zusammenhang. Andere Forscher haben nicht einen so grossen Nervenreichthum in der glatten Muskulatur nachweisen können, und glauben, dass je eine Endfaser immer zu einem ganzen Muskelbündel in Beziehung trete.

Alle diese Angaben bedürfen indessen noch weiterer Prüfung. Die Methode der Chlorgoldimprägnation, welcher wir die meisten unserer Kenntnisse über die Ausbreitung markloser Nervenfasern verdanken, scheint für diesen Fall nicht hinzureichen; immerhin bleibt sie doch die beste unter jenen, welche bis jetzt bekannt geworden sind. Einer besonderen, allgemeinen Anerkennung erfreut sich derzeit für den vorliegenden Zweck eine durch *Löwit* eingeführte Modifikation der Chlorgold-Methode, welche im Wesentlichen auf der Verwendung von Ameisensäure als Reduktionsmittel beruht.

b) **Die sensitiven Nerven** zeigen in der peripheren Endigung ihrer Fasern eine grosse Mannigfaltigkeit. Sehen wir vorderhand ganz ab von den Endapparaten der höheren Sinnesnerven, mit ihren complicirten Structurverhältnissen und mit ihren eigenartigen Vorbauen und Nebenapparaten, durch deren Zusammentreten die anatomisch mehr oder weniger selbständigen Sinneswerkzeuge gebildet werden, so haben wir es andererseits zu thun mit den Endigungen von Nerven, welche über die verschiedensten Gegenden des Körpers verbreitet, meist nahe

der Oberfläche desselben, in der äusseren Haut und in Schleimhäuten, vorkommen und zur Vermittelung der Tast-, Druck- und Temperatur-Empfindung dienen.

Die Endigungen dieser *sensiblen Nerven im engeren Sinne* weisen nun, nach den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere und nach den Oertlichkeiten des Körpers, mancherlei Differenzen auf. An einzelnen Stellen endigen die Nervenfasern einfach *frei zwischen den die Gewebe constituirenden Elementen*, z. B. zwischen den Epithelialzellen, indem sie nach Verlust der Markscheide und nach wiederholten Theilungen, eventuell auch Netzbildungen, in eine grosse Zahl zarter Fäserchen übergehen, welche fein zugespitzt, oder mit knöpfchenförmigen Anschwellungen ihr Ende finden. Derartige Befunde sind in verschiedenen geschichteten Epithelien zu erhalten und mit Sicherheit als Nervenendigungen zu deuten. Ob das letztere auch für die mehrfach in bindegewebigen Formationen beschriebenen „Nervenendnetze" zulässig ist, muss noch dahingestellt bleiben.

Von anderen Nervenfasern wissen wir, dass sie, nachdem sie marklos geworden und in feine Fibrillen zerfallen sind, *in endständige, stäbchenförmigen Zellen* (*Sinneszellen*) übergehen, welche letzteren einen haar- oder stiftförmigen Fortsatz tragen und mit demselben bis an die freie Epitheloberfläche reichen.

Noch andere Nervenfasern finden endlich ihr Ende zwischen besonders beschaffenen und gruppirten Zellen, welche mit dem Nervenfaserende ein mehr oder weniger in sich abgeschlossenes, specifisches Gebilde formen. Durch das Hinzutreten von accessorischen Umhüllungen können diese Gebilde einen ziemlich complicirten Bau und eine ansehnliche Grösse erreichen. Die Nervenfasern treten an dieselben gewöhnlich in markhaltigem Zustande heran. Man fasst diese Gebilde unter dem gemeinschaftlichen Namen *Nervenendkörperchen* oder *Terminalkörperchen* zusammen.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die grosse Reihe der bisher bekannt gewordenen Endigungsweisen der sensiblen Nerven unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen und sie darnach einzutheilen. In neuerer Zeit ist dies u. A. durch *Merkel* auf Grundlage von umfassenden, über die ganze Wirbelthierreihe ausgedehnten Untersuchungen geschehen. Doch können die Voraussetzungen, auf welche sich die *Merkel'sche* Eintheilung stützt, nicht durchwegs als unanfechtbar gelten. Meines Erachtens dürfte die nachfolgende Gruppirung der sensiblen Nervenendigungen dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse, sowie dem augenblicklichen Bedürfnisse am besten entsprechen; sie lehnt sich einerseits an die von *Merkel*, andererseits an die von *Waldeyer* gegebene Eintheilung an.

1. Nervenendigungen in stäbchenförmigen Sinneszellen;
2. freie Endigung der Nerven in den Geweben;
3. Nervenendigungen in specifischen Terminalkörperchen, und zwar:
   a. Tastkörperchen — mit scheibenförmiger Endigung der Nervenfaser an der Oberfläche rundlicher, epitheloider Zellen (Tastzellen);
   b. Kolbenkörperchen — mit fadenförmiger oder knopfförmiger Endigung der Nervenfaser innerhalb einer besonderen, aus flachen Bindesubstanzzellen zusammengesetzten, kolbenähnlichen Umhüllung.

Die Nervenendigungen *in stäbchenförmigen Sinneszellen* kommen in der äusseren Haut nur bei Fischen und bei im Wasser lebenden Amphibien vor (*Merkel*). Bei allen anderen Wirbelthieren beschränken sie sich auf die Nervenendapparate der höheren Sinneswerkzeuge. Sie werden daher auch bei diesen Berücksichtigung finden.

Das Wesen der *freien Nervenendigungen* wurde schon oben berührt und von ihnen bemerkt, dass sie vornehmlich in den verschiedenen Formen der geschichteten Epithelien vorkommen. Ihr Nachweis gelingt am besten an der Hornhaut, an der Schnauze des Maulwurfs und an dem Rüssel des Schweines; schwieriger in der Epidermis, in dem Epithel der Mundhöhle und der Conjunctiva des Menschen. Benützt man hierbei, was am zweckmässigsten ist, die *Löwit'sche* Chlorgoldmethode, so findet man in dem Epithelstratum ausser den geschwärzten Nervenfibrillen noch tief schwarz tingirte, vereinzelt stehende, sternförmige Gebilde, welche gewöhnlich als *Langerhans'sche* Zellen bezeichnet werden. Man hatte geglaubt, sie mit den Nervenendigungen in Zusammenhang bringen zu müssen; doch werden sie neuerdings als modificirte, aus dem unterliegenden Bindegewebe eingewanderte Zellen (Wanderzellen) angesehen. Eine besondere Anordnung zu typischen Nervenendorganen zeigen die freien Endigungen in dem Rüssel des Maulwurfs, wo sie durch *Eimer* unter dem Namen *Tastkegel* zuerst beschrieben worden sind. Aehnliche Bildungen hat dann auch *v. Mojsisovics* bei verwandten Thierspecies aufgefunden.

Eine ausführlichere Besprechung erfordern die *Terminalkörperchen*.

a) Tastkörperchen.

α) *Die Merkel'schen Tastzellen.* Ein eingehenderes Verständniss der Tastkörperchen wurde durch die Untersuchungen *Merkel's* angebahnt, indem wir durch dieselben in der Tastzelle die einfachste Form der terminalen Körperchen und zugleich einen wesentlichen Bestandtheil der complicirter gebauten Tastkörperchen kennen gelernt haben.

Die Tastzellen kommen in ausgezeichneter Weise an dem Schnabel-

rand und in der Mundhöhle von Schwimmvögeln (Ente, Gans) vor. Sie erscheinen als helle, äusserst zart punktirte, scharf umrandete Zellen mit wohl ausgeprägtem, bläschenförmigem Kern. Ihre Form schwankt zwischen der einer flachen Scheibe und der einer Linse. Eine flache Seite der Zelle liegt annähernd parallel der Epitheloberfläche und steht in Berührung mit der scheibenförmigen Endausbreitung der Nervenfaser. Die Zellen finden sich bald einzeln, bald zu zwei bis vier zu einer Gruppe geordnet, indem sie sich mit ihren flachen Seiten aneinanderlegen. In allen Fällen sind sie von einer accessorischen, kernführenden Hüllmembran umgeben, welche mit der *Schwann'schen* Scheide und der Adventitialscheide der zugehörigen Nervenfaser in direkter Continuität steht. Sind mehrere Tastzellen vereint, so erstreckt sich von der gemeinsamen Hüllmembran ein Dissepiment zwischen die einzelnen Zellen hinein; dasselbe bildet aber keine vollständige Scheide-

Fig. 84.

Grandry'sche Körperchen aus dem Schnabel der Ente, das eine mit zwei, das andere mit vier Tastzellen. Osmiumsäure, Alauncarmin. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

wand zwischen ihnen, sondern besitzt in der Mitte, etwa nach Art eines optischen Diaphragmas, eine kreisrunde Lücke.

An die Tastzelle oder Tastzellengruppe tritt eine markhaltige Nervenfaser heran. Diese verliert in der Nähe derselben die Markscheide, während die *Schwann'sche* Scheide und die Adventitia in die Hüllmembran übergehen, und der Axencylinder sich je nach der Zahl der vorhandenen Tastzellen in mehrere Zweige theilt. Diese Zweige ziehen an die Schmalseite der Tastzellen heran, und an einem jeden Dissepimente biegt sich einer derselben auf die Flachseite der Zelle herüber, um sich sofort zu einer dünnen, feinkörnigen Scheibe (*Tastscheibe*) auszubreiten, deren Sitz der Lücke des Dissepimentes entspricht. In der Tastscheibe, welche an Osmiumpräparaten tief dunkel erscheint, wurde eine feine fibrilläre Streifung beobachtet, welche auf die Ausstrahlung feinster Fibrillen aus dem Axencylinder bezogen werden muss.

Während nun *Merkel* den Tastzellen geradezu den Charakter von Ganglienzellen zuschrieb und annahm, dass die Substanz der Tastscheibe mit dem Leib der Tastzelle in direkte Verbindung trete, haben andere Autoren, und wie mir scheint mit Recht, dies in Abrede gestellt und

nur eine innige Anlagerung beider zugestanden. Ihrer genetischen Bedeutung nach können die Tastzellen als modificirte Epithelzellen angesehen werden.

Ueber Verbreitung und Vorkommen der Tastzellen ist noch folgendes zu bemerken. Einfache Tastzellen finden sich nach *Merkel* ausser dem oben genannten Orte, bei Säugethieren an den unbehaarten Stellen der Haut, d. i. in der Umgebung von Mund und Nase und an den Sohlenflächen der Pfoten und weiterhin auch am harten Gaumen: beim Menschen fast im ganzen Bereiche der Haut, am reichlichsten am Bauch und am Oberschenkel. Ihr Sitz ist die tiefste Schichte der Epidermis oder auch die oberflächlichste Schichte der Cutis. Auch in den Haarbälgen kommen sie vor, und zwar in der äusseren Wurzelscheide.

Körperchen mit zwei Tastzellen (*Zwillingstastzellen*, *Merkel*) finden sich allenthalben an den vorgenannten Oertlichkeiten. An dem Schnabel der Schwimmvögel sind sie neben Körperchen, welche aus 3 oder 4 Tastzellen bestehen (*einfache Tastkörperchen*, *Merkel*) schon länger unter dem Namen *Grandry'sche Körperchen* bekannt (Fig. 84). Lose verbundene Gruppen von Tastzellen ohne gemeinschaftliche Umhüllung hat *Merkel* in grosser Zahl und Verbreitung in der Haut des Frosches nachgewiesen und als *Tastflecken* bezeichnet.

β) Die *Meissner'schen* (oder *Wagner'schen*) *Tastkörperchen* sind ellipsoidische, mitunter sehr langgestreckte, scharf begrenzte Gebilde, welche sich schon bei oberflächlicher Betrachtung durch eine auffallende quere Streifung auszeichnen. Ihre Länge kann 40—200 μ, ihre Breite 30—60 μ betragen. Sie bestehen aus einer zarten, feinstreifigen Hülle, innerhalb welcher eine grössere Anzahl von Tastzellen mit ihren Dissepimenten und Tastscheiben aufgeschichtet ist (daher stammt vorzüglich die erwähnte quere Streifung). Ihrer Bedeutung nach schliessen sie sich somit unmittelbar den vorher beschriebenen Formen an und unterscheiden sich von diesen wesentlich nur durch die grössere Zahl der Tastzellen und Tastscheiben. Die Tastzellen sind in ihnen gewöhnlich stark abgeplattet, linsenförmig, ihre Kerne ebenfalls abgeflacht, von oblonger Gestalt und quer zur Längsaxe des Körperchens gerichtet. An den unteren Pol, oder an die Seitenfläche des Körperchens tritt eine markhaltige Nervenfaser heran (nicht selten sind es auch ihrer zwei), deren Adventitia und *Schwann'sche* Scheide in die Umhüllung des Körperchens eingehen, während zugleich die Markscheide sich verliert. Der Axencylinder spaltet sich nun in mehrere Zweige, welche unter mannigfachen Windungen und weiteren Theilungen sich an der Innenseite der Hüllmembran ausbreiten und endlich zwischen die Tastzellen eintreten, wo sie in der oben beschriebenen Weise in der Gestalt von Tastscheiben endigen.

Die Fundorte der typischen *Meissner'schen* Tastkörperchen sind: beim Menschen die Haut der Hohlhand und der Fusssohle, namentlich aber das Bereich der Finger und der Zehen, wo sie in den Cutispapillen ihren Sitz haben. In geringerer Zahl finden sie sich an der Rückenfläche der Hand und des Fusses, in der Haut der Brustwarze, am rothen Lippenrande, an der Zungenspitze und in dem Tarsaltheil der Conjunctiva; ganz vereinzelt endlich auch an der Haut des Vorderarmes und des Unterschenkels. Es ist zu bemerken, dass an verschiedenen Stellen der menschlichen Haut kleinere Gruppen von Tastzellen als Uebergangsformen von den Zwillingstastzellen zu den wohl ausgebildeten *Meissner'schen* Tastkörperchen nachgewiesen werden können (*Merkel*). An den letzteren findet man nicht selten tiefe, seitliche Einschnürungen oder auch ein völliges Zerfallen in zwei über einander liegende Stücke.

Fig. 85.

Meissner'sches Tastkörperchen aus der Fingerbeere eines erwachsenen Menschen. Chromsäurehärtung und Carmintinction. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2. Vergrösserung 180.)

Die durch *W. Krause* und *Ihlder* unter dem Namen der *Tastkolben* aus der Zunge verschiedener Vögel beschriebenen Terminalkörperchen dürften sich als Zwischenformen zwischen den *Meissner'schen* und den *Grandry'schen* Körperchen erweisen.

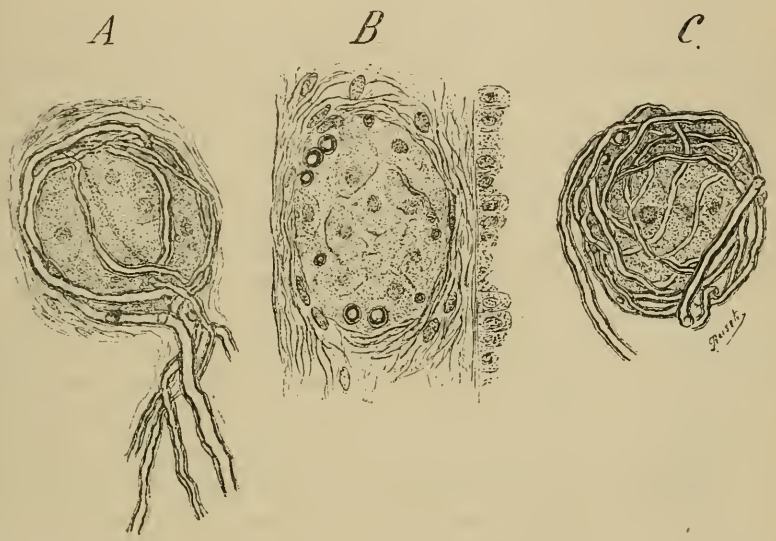
γ) Die *kugeligen Endkolben Krause's* kommen dem Menschen und den menschenähnlichen Affen zu. Bei dem ersteren finden sie sich in der Conjunctiva bulbi, an dem rothen Lippenrand, in der Schleimhaut der Zunge und der Backen, an der hinteren Fläche des Kehldeckels, in den Columnae *Morgagni* des Mastdarmes und an der Eichel des Penis und der Clitoris. Ihr Sitz ist die oberste Schichte des Schleimhautbindegewebes, ganz nahe an dem Epithel.

Sie stellen kugelige oder eiförmige Gebilde dar, welche von einer gestreiften, mit einzelnen ovalen Kernen besetzten Hüllmembran umgeben sind. Sie nehmen entweder nur eine oder zwei bis drei, mitunter auch mehrere markhaltige Nervenfasern in sich auf. Der Inhalt erscheint bei Behandlung mit verdünnter Essigsäure als eine feinkörnige Masse, in welcher neben rundlichen oder abgeplatteten Kernen mehrfache Windungen, mitunter selbst eine förmliche Knäuelbildung der eingetretenen Nervenfasern zu erkennen sind. Das Wesen dieser feinkörnigen Substanz ist nur mit Zuhülfenahme der Osmiumsäure, und zwar am besten an Durchschnitten der Körperchen zu ermitteln. Wie schon *Longworth* und *Waldeyer* angegeben haben, entspricht die feinkörnige Substanz einer grösseren Anzahl von Zellen, welche den *Merkel'schen* Tastzellen an die Seite zu setzen sind, und sich wie diese zu den

Enden der Nervenfasern verhalten (vergl. Fig. 86 A. und B.). *W. Krause* anerkennt zwar die zellige Natur des Inhaltes dieser Körperchen, nimmt aber an, dass die Nervenfasern typisch zwischen den Zellen mit Endknöpfchen aufhören, und stellt demgemäss die kugeligen Endkolben sowie die folgenden verwandten Terminalkörperchen in die Kategorie der Kolbenkörperchen.

δ) *Die Gelenknervenkörperchen.* Sie stehen der eben beschriebenen Form sehr nahe, zeichnen sich aber durch beträchtlichere Grösse und

Fig. 86.



Kugelige Endkolben aus der Conjunctiva des Menschen, mit Osmiumsäure und Alauncarmin behandelt und in Nelkenöl aufgehellt. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 3.)

A. Endkolben mit fünf eintretenden Nervenfasern in toto.

B. Senkrechter Durchschnitt durch denselben Endkolben; im Innern desselben sind die Tastzellen und die Durchschnitte der Nervenfasern zu sehen. Nach rechts hin ist noch ein Rest des Conjunctivalepithels erhalten.

C. Endkolben mit exquisiter Knäuelbildung der Nervenfasern.

durch flache, häufig mehr langgestreckte Gestalt aus. Gewöhnlich endigen in einem Körperchen 3—4 markhaltige Nervenfasern. Ihr Sitz ist die Synovialhaut der menschlichen Fingergelenke. Auch bei Thieren sind sie an verschiedenen Gelenken gefunden worden.

ε) *Die Genitalnervenkörperchen* (*Wollustkörperchen*) sind als Agglomerate mehrerer einfacher kugeliger Endkolben zu betrachten, welche in verschiedenem Grade mit einander verschmolzen sein können und eine gemeinschaftliche, ziemlich derbe Hülle besitzen. Sie finden sich beim Menschen, neben einfachen kugeligen Endkolben, in der Eichel des Penis und der Clitoris, sowie an den kleinen Schamlefzen. Auch

bei verschiedenen Säugethieren sind sie an den entsprechenden Orten nachgewiesen worden.

Als die besten Darstellungsmethoden der verschiedenen Formen der Tastkörperchen sind die Behandlung von kleinen Haut- oder Schleimhautstückchen mit Osmiumsäure mit oder ohne nachfolgende Härtung in Alkohol, ferner die Chlorgold-Imprägnation nach der Methode von *Löwit* und endlich die vorsichtige Härtung der genannten Objekte in Chromsäure und Alkohol zu nennen. Die früher allgemein und fast ausschliesslich geübte Methode der Behandlung frischer Hautdurchschnitte mit verdünnter Natronlauge, sowie die von *W. Krause* vielfach verwendete 3proz. Essigsäure können zum Behufe des raschen Aufsuchens dieser Körperchen auf's beste empfohlen werden.

b) Kolbenkörperchen.

α) *Die cylindrischen Endkolben Krause's* sind langgestreckte, cylindrische, bald geradlinige, bald leichtgekrümmte Gebilde, deren periphere Abgrenzung durch eine zarte, doppelt oder dreifach geschichtete, mit vereinzelten oblongen Kernen versehene Hüllmembran hergestellt wird. An den einen Pol des Körperchens tritt eine markhaltige Nervenfaser heran, deren Adventitialscheide in die Hüllmembran übergeht und deren Axencylinder als eine völlig homogene, abgeplattete Faser ungetheilt in der Axe des Körperchens bis in die Nähe des entgegengesetzten Poles verläuft, wo er mit einer birnförmigen oder knopfförmigen Anschwellung, oder auch ohne eine solche, sein Ende findet. Die Markscheide hört beim Eintritt des Nerven in das Körperchen mit scharfer Grenze auf. Der Raum zwischen dem Axencylinder und der Hüllmembran wird von einer Substanz ausgefüllt, welche bei der Längenansicht des Körperchens fein längsgestreift erscheint; für sie ist die Bezeichnung *Innenkolben* (*W. Krause*) gebräuchlich. *Merkel* hat gezeigt, dass der Innenkolben aus einer grösseren Zahl von platten, dicht an einander gedrängten Bindegewebszellen, *Kolbenzellen* (*W. Krause*) besteht, welche eine in eigenthümlicher Weise geschichtete Hülse für den Axencylinder formen.

Eine jede dieser Zellen besitzt nemlich die Gestalt einer Hohlrinne und liegt an der Breitseite des bandförmigen Axencylinders; mit ihren umgebogenen Rändern umgreift sie die schmale Seite des letzteren und stosst hier mit der gegenüberliegenden Zelle in einer Linie (Raphe) zusammen. Da an beiden Seiten des Axencylinders mehrere solcher Zellen über einander geschichtet sind, besteht also der Innenkolben aus einem mehr oder weniger ausgebildeten Lamellensystem, welches sich bei der Längenansicht des Körperchens durch die früher erwähnte zarte Streifung zu erkennen gibt. Es ist bemerkenswerth, dass die Lamellen, beziehungsweise Zellen des Innenkolbens, ebenso wie die Hüllmembran, mit der Adventitialscheide der Nervenfaser in unmittelbarer Continuität stehen.

β) *Die Vater'schen (oder Pacini'schen) Körperchen* schliessen sich eng an die cylindrischen Endkolben an, indem sie denselben hinsichtlich des Verhaltens der Nervenfaser und des Innenkolbens im Wesentlichen gleichen. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dass an Stelle der dünnen peripheren Hüllmembran ein vielfach geschichtetes *äusseres Lamellensystem* tritt. Dadurch erhalten die *Vater'schen* Körperchen zunächst eine ellipsoidische oder eiförmige Gestalt, und in den meisten Fällen eine beträchtliche Grösse, so dass sie dem freien Auge leicht wahrnehmbar sind.

Fig. 87.

Cylindrischer Endkolben aus der Conjunctiva des Kalbes nach leichter Osmiumeinwirkung und nachfolgender Behandlung mit 3proz. Essigsäure. (Seibert, Immers. Syst. VIII. Ocul. 3.)

Bei Säugethieren und beim Menschen erreicht ihre Längendimension durchschnittlich 1—2 Mm., ihre Breite 0·7—1·2 Mm. Den Untersuchungen *Genersich's* zufolge sind sie im kindlichen Alter viel kleiner und nehmen mit dem fortschreitenden Wachsthum des Körpers erheblich an Grösse zu.

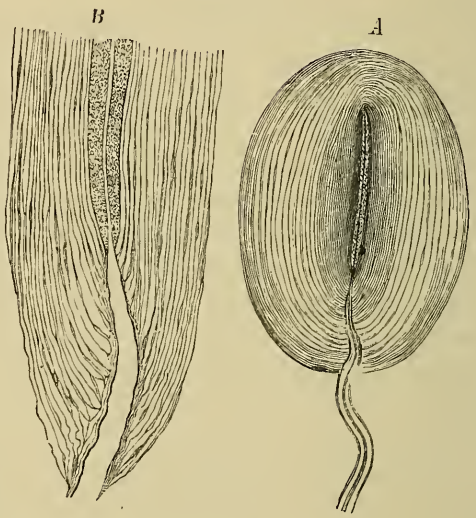
Bei Untersuchung mit schwachen Vergrösserungen erscheinen die *Vater'schen* Körperchen mit einer grösseren Anzahl concentrisch geordneter und elliptisch gebogener Linien (die scheinbaren Durchschnitte der äusseren Lamellen) besetzt, von denen die peripher gelegenen in etwas grösseren Abständen von einander sich befinden als die centralen. An einem Pole sieht man eine markhaltige Nervenfaser eintreten, welche, so wie ihre Fortsetzung, die *Terminalfaser*, in der Axe des Körperchens gelagert ist, jedoch den entgegengesetzten Pol nicht mehr erreicht. Die unmittelbare Umgebung der Terminalfaser wird von dem *Innenkolben* eingenommen.

Behufs der detaillirten Untersuchung fertigt man sich einerseits Zupfpräparate an, indem man mit Hülfe von Nadeln die äusseren Lamellen sorgfältig von einander abzulösen sucht, andererseits aber Durchschnitte durch das erhärtete und in eine gut schneidbare Masse eingebettete Objekt. Für den letzteren Zweck empfiehlt sich am besten die Osmiumsäure und nachfolgende Tinction mit Alaun-Carmin.

Die äusseren Lamellen erscheinen im frischen Zustande als völlig homogene, structurlose Häutchen, welche in grossen Distanzen einzelne platte, elliptische Kerne eingelagert enthalten. Die Behandlung mit Osmiumsäure lehrt jedoch, dass sie aus feinen Bindegewebsfibrillen zusammengesetzt sind, deren Richtung vorwiegend der Längsaxe des Körperchens entspricht. An der dem Innenkolben zugewendeten Seite sind diese Lamellen mit einer zarten Endothellage bekleidet, deren

Zellen durch Imprägnation mit Silbersalpeter leicht nachgewiesen werden können (*Hoyer*). Zwischen den einzelnen Membranen ist eine farblose, klare Flüssigkeit angesammelt, welche durch einen Nadelstich zum Theil entleert werden kann, worauf die Membranen sich flach über einander legen. An der Eintrittsstelle der Nervenfaser stehen die äusseren Lamellen, wie man sich besonders gut an Zupfpräparaten überzeugen kann (Fig. 88 B.), mit der Adventitialscheide und mit der *Schwann'schen* Scheide in unmittelbarem Zusammenhang, d. h. sie lösen sich, die eine nach der anderen, von diesen Scheiden ab.

Fig. 88.



A. *Vater'sches* Körperchen aus dem Gekröse der Katze, frisch mit Kochsalzlösung. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2. Vergrösserung 28.)
B. Zupfpräparat von einem in Alkohol erhärteten *Vater'schen* Körperchen. An demselben ist das Verhalten der markhaltigen Faser nach ihrem Eintritt in das Körperchen und ein Theil des Innenkolbens zu sehen. Glycerinzusatz. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2. Vergrösserung 190.)

Im weiteren Verlaufe erhalten sich nicht alle Lamellen völlig selbständig, sondern es fliessen ab und zu zwei derselben in einander, oder stehen auch durch schräg gelegte Septa unter sich in Zusammenhang. An dem der Eintrittsstelle entgegengesetzten Pole des Körperchens laufen die äusseren Lamellen in vielen Fällen in einer Flucht fort, in anderen Fällen aber sieht man sie zu einem strangartigen, in der Fortsetzung des Innenkolbens verlaufenden Gebilde — dem sog. *Ligamentum interlamellare* — verschmelzen.

Die *Nervenfaser*, welche häufig unter mehrfachen Schlängelungen an das Körperchen herantritt, verschmälert sich nach dem Eindringen in dasselbe allmälig, indem sowohl die *Schwann'sche* Scheide, als auch die Markscheide sich nach und nach verlieren, und geht endlich in

eine gerade verlaufende, abgeplattete, blasse Terminalfaser über. Diese endigt in einiger Entfernung von dem jenseitigen Pole des Körperchens entweder einfach zugespitzt, oder mit einem knöpfchenartigen Aufsatze, oder auch gabelig gespalten, mit doppeltem Endknöpfchen. Der Innenkolben verhält sich genau so wie bei den cylindrischen Endkolben; seine Lamellen (*innere Lamellen*) gehen ebenfalls aus den häutigen Scheiden der Nervenfaser hervor.

Die *Vater'schen* Körperchen besitzen eigene *Blutgefässe*, welche durch ein mit der Nervenfaser eindringendes, feines, arterielles Gefässchen gespeist werden. Aus diesem gehen langgestreckte, unregelmässig geschlängelte Capillaren hervor, welche zum grossen Theile in den peripheren Abschnitten des Körperchens zwischen den Hüllmembranen verlaufen. Ein oder das andere Capillarröhrchen ist übrigens auch gewöhnlich in unmittelbarer Nähe des Innenkolbens zu treffen.

Die *Vater'schen* Körperchen kommen beim Menschen in den verschiedensten Regionen des Körpers vor, und zwar: besonders reichlich entlang dem Verlaufe der Nervi digitales, in geringerer Zahl in der eigentlichen Hohlhand und Fusssohle, in der Nähe der verschiedensten grösseren Gelenke, an den Ausstrahlungen des Plexus solaris (namentlich hinter dem Kopf des Pankreas), am Rücken des Penis und der Clitoris und in der Umgebung des Steissbeines; endlich nicht constant und vereinzelt an verschiedenen anderen Orten (z. B. an den Nerven der Zwischenrippenräume und der Brustdrüse, in der Dura mater in der Umgebung des Hiatus spurius canalis *Fallopiae*, an den Sehnenscheiden des Vorderarmes, an den fibrösen Hüllen des Samenstranges u. s. f.). Bezüglich der Säugethiere, bei welchen sie ebenfalls in weiter Verbreitung vorkommen, möge nur als klassischer Fundort das Mesenterium der Katze genannt werden.

Eine Abart der eben beschriebenen Terminalgebilde kommt sehr verbreitet bei den Vögeln unter dem Namen der *Herbst'schen Körperchen* vor. Sie sind um Vieles kleiner als die ersteren und zeigen eine ungleiche Anordnung der Fibrillen in den peripheren Lamellen; in den dem Innenkolben zunächst liegenden verlaufen die Fibrillen der Quere nach, in den äusseren aber, wie bei den *Vater'schen* Körperchen, der Länge nach. Entlang dem Innenkolben zieht sich eine doppelte Kernreihe hin, welche jederseits der Raphe der Kolbenzellen entspricht; die Kerne selbst gehören den Kolbenzellen an.

Noch kleinere Formen von *Vater'schen* Körperchen finden sich in den Backendrüsen und am Penis des Igels und in der Zunge des Elephanten; sie sind durch *W. Krause* entdeckt und als *Endkapseln* bezeichnet worden. Sie besitzen nur eine sehr geringe Zahl von äusseren Lamellen.

γ) Hierher sind wahrscheinlich auch die von *Sachs* und *Rollett* und die von *Golgi* beschriebenen Nervenendapparate an den Muskelsehnen zu rechnen (vergl. S. 314).

Das Wenige, was über die Drüsennerven bekannt ist, soll an dem betreffenden Orte beigebracht werden.

IV. Kapitel.

Der Circulations-Apparat.

I. Das Blutgefässsystem.

An dem Aufbau der Bestandtheile des Blutgefässsystems betheiligen sich die verschiedensten Gewebselemente; vorwiegend vertreten sind die elastische Substanz, Muskelelemente und das Bindegewebe in verschiedenen Erscheinungsformen; dazu kommen noch Blutgefässe (*Vasa vasorum*) und Nerven. Diese Formelemente sind so angeordnet, dass man an allen Theilen des Gefässsystemes, mit Ausnahme der Capillaren, drei verschiedene Schichten (*Häute*) unterscheiden kann, deren äusserste, vorwiegend aus fibrillärem Bindegewebe und elastischen Fasern bestehend, als *äussere Gefässhaut* (*Tunica adventitia*) bezeichnet wird. Sie vermittelt vorzugsweise den geweblichen Zusammenhang der Gefässe mit dem benachbarten Bindegewebe. Die *mittlere Gefässhaut* (*Tunica media*, *Ringfaserhaut*) ist vorwiegend durch Muskelfasern und Formen der elastischen Substanz zusammengesetzt; die *innerste Gefässhaut* (*Tunica intima*) besteht zunächst aus einem geschlossenen, von *endothelialen Zellen* gebildeten Häutchen, welches die unmittelbare Begrenzung des Gefässraumes abgibt. Indem sich dieses Endothelialrohr auch auf die Capillargefässe erstreckt, ja im Wesentlichen allein die Wandung derselben ausmacht, und andererseits auch die Innenfläche des Herzens überkleidet, so haben wir in ihm jenen Wandbestandtheil vor uns, welcher im ganzen Bereiche der Blutbahn die unmittelbare Grenzschichte der Gefässlichtung darstellt. Alle übrigen Bestandtheile der Gefässwände sind als Auflagerungen auf dasselbe zu betrachten, welche bestimmten Zwecken zu dienen haben. Derartige, aus elastischen oder bindegewebigen Substanzen bestehende Anlagerungen kommen übrigens auch noch der Intima zu.

1) Das Herz.

An seiner Wandung ist als hervorragendster Bestandtheil die *Muskulatur*, als innere Bekleidung derselben das *Endokardium* und als

äussere Bedeckung das *Perikardium* zu berücksichtigen. Mit dem Endokardium stehen in nächster Beziehung die *Klappenapparate* des Herzens.

Die besonderen Eigenthümlichkeiten, welche die *Muskelelemente* des Herzens vor allen quergestreiften Muskelfasern auszeichnen, sind bereits auf Seite 84 angeführt worden. Es erübrigt hier noch hinzuzufügen, dass die netzartig zusammenhängenden Muskelfasern zu feineren und gröberen Bündeln geordnet sind, welche, ebenso wie alle anderen Bündel der quergestreiften Muskulatur, ihr Perimysium besitzen. Die zwischen die Einzelnfasern eindringenden, zarten Abzweigungen des letzteren sind von einigen Autoren fälschlich als Sarkolemma angesehen worden. Die Muskelbündel verzweigen sich ebenfalls und durchflechten sich allenthalben sehr innig, nicht nur innerhalb jener Schichten der Herzmuskulatur, welche die Anatomie beschreibt, sondern sie übergehen auch allenthalben von einer in die andere Schichte, so dass diese nur künstlich von einander getrennt werden können. Als Ausgangs- und Haftpunkte der Herzmuskulatur werden die fibrösen Ringe der Kammerostien, sowie die Sehnen der Papillarmuskeln betrachtet. Beide sind aus sehr dichtem Bindegewebe, welches dem der Sehnen am nächsten steht, geformt.

An dem *Endokardium*, einer an verschiedenen Stellen ungleich dicken Membran, unterscheidet man eine bindegewebige Grundlage, welche reichlich mit Gebilden der elastischen Substanz durchsetzt ist, und eine endotheliale Zellenschichte, welche seine freie Oberfläche überzieht. Die letztere besteht aus einer einfachen Lage ziemlich grosser, unregelmässig polygonaler, ganz platter Zellen, welche, wie alle anderen Endothelzellen, in situ nur nach Imprägnation mit salpetersaurem Silberoxyd beobachtet werden können. Unmittelbar unter dem Endothel findet sich ein dichtes Netzwerk feinster elastischer Fasern, welches in eine dünne Lage ausgebreitet ist und als gesonderte Schichte isolirt werden kann.

Nach aussen von diesem folgt eine Faserschichte, welche den grössten Antheil des Endokardiums ausmacht. Sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit ausserordentlich reichlich entwickelten, feineren und gröberen, elastischen Fasernetzen, welche mitunter, und zwar häufig in dem Endokard der Vorhöfe, zu elastischen Platten verschmolzen sind.

Von *Schweigger-Seidel* werden zu dem Endokardium auch noch Lagen von glatten und quergestreiften Muskeln gerechnet; sie sind jedoch nur an der Kammerscheidewand einigermassen deutlich von der grossen Muskelmasse des Herzens durch zwischengelagertes Bindegewebe abgehoben.

Die Verbindung des Endokards mit der Muskelschichte wird durch lockeres Bindegewebe hergestellt, welches mit den Perimysien der Muskelbündel zusammenfliesst. Es ist hervorzuheben, dass der obengenannte Autor, sowie früher schon *Luschka*, den schichtenweisen Bau des Endokardiums in Analogie gebracht hat mit dem dreischichtigen Bau der Blutgefässwände, und zwar würde das Endothel mit dem unmittelbar unterliegenden, feinen, elastischen Netzwerk der Intima, das gröbere elastische Netzwerk (mit Inbegriff der zum Endokard gerechneten Muskulatur) der Media, und die äusserste, lockere Bindegewebslage der Adventitia einer Gefässwand entsprechen. Dagegen hat *L. Langer* Einsprache erhoben, indem er diese Analogie nur bezüglich der beiden inneren Schichten gelten lässt, das lockere Bindegewebe aber der Muskellage zurechnet. In der That ist das letztere nur dort vorhanden, wo das Endokard eine muskulöse Unterlage besitzt.

Die *Klappen* des Herzens bestehen aus einer dünnen, fibrösen Platte, welche aus den Faserringen der Ostien hervorgeht und gleichsam das Grundgerüste abgibt, über welchem hin sich das Endokardium ausbreitet. Die elastische und bindegewebige Schichte des letzteren sind hier jedoch beträchtlich verdünnt und stellenweise gar nicht deutlich erkennbar. In die Bildung der Zipfelklappen gehen ausserdem noch die Chordae tendineae mit ihren nach verschiedenen Richtungen sich ausbreitenden Faserzügen ein. Die peripheren Theile der Zipfelklappen besitzen an der dem Vorhofe zugewendeten Seite zahlreiche Muskelbündel, welche sich aus der Vorhofswand hierher erstrecken und theils kreisförmig, theils radiär angeordnet sind (*Gussenbauer*). Auch die Valvula *Eustachii* und V. *Thebesii* enthalten netzartig geordnete Muskelelemente.

Unter dem Namen der *Purkinje'schen Fäden* kommen in dem Endokard des Rindes, des Schweines und einiger anderer Thiere netzartig geordnete Faserzüge von gallertartigem Aussehen vor, deren Ausbreitung auf der Innenfläche der Ventrikel — in den Vorkammern fehlen sie — sich zum Theile mit freiem Auge verfolgen lässt. Im Endokardium des Menschen kommen sie nach *Henle* nur in den ersten Lebensmonaten vor. In einem Falle sind sie durch *Gegenbaur* bei einem 15jährigen Menschen in der Muskellage des rechten Ventrikels nachgewiesen worden. Die einzelnen Fäden sind aus hellen, rundlichen, zu einer oder mehreren Reihen an einander geordneten Zellen zusammengesetzt, welche zum Theile selbst einen leicht quergestreiften Inhalt besitzen, von Strecke zu Strecke aber durch wohl charakterisirte Muskelsubstanz ersetzt werden. Häufig scheinen diese Zellen ganz von einer Schichte quergestreifter Substanz umschlossen. Die histologische Be-

deutung der *Purkinje'schen Fäden* ist noch völlig unklar — von den meisten Autoren werden sie vermuthungsweise als eigenthümliche Entwicklungsstadien von Muskelfasern angesprochen.

Das *Perikardium* zeigt an seinen beiden Blättern einen übereinstimmenden Bau. Es ist eine Bindegewebshaut, aus vielfach überkreuzten Fibrillenbündeln gewoben und von verzweigten, elastischen Fasern durchsetzt. Die letzteren sind an dem visceralen Blatte (Epikardium) spärlicher und dünner. Die freie Oberfläche beider Blätter ist mit einem einschichtigen Belage von unregelmässig polygonalen Epithelzellen bedeckt, welche nach Beschaffenheit und Herkunft mit denen des Brust- und Bauchfelles übereinstimmen. Zwischen dem visceralen Blatte und dem Herzmuskel kommt es häufig zu reichlicher Entwicklung von Fettgewebe, dessen Ausbreitung der Verzweigung der grösseren Arterien entlang erfolgt.

Die **Blutgefässe** des Herzens werden in der Muskelschichte, wie anderenorts, vom Perimysium getragen und verbreiten sich in rascher Astfolge zwischen den Bündeln, um mit ihren Capillaren auch zwischen die einzelnen Fasernetze einzudringen. Interessant ist, dass das Herz vieler niederer Wirbelthiere (Frosch) keine eigentlichen Blutgefässe besitzt (*anangische — gefässlose Herzen*), eine Thatsache, welche zuerst *Hyrtl* festgestellt hat; es erstrecken sich bei diesen Thieren aus der Lichtung der Herzhöhlen sinuöse Räume zwischen die einzelnen Muskelbündel hinein und ersetzen die Blutgefässe.

Das Endokard als solches ist gefässlos, nur das lockere Bindegewebe, durch welches es mit der Muskulatur in Verbindung gebracht wird, führt Gefässe (*L. Langer*). Demselben Autor zufolge sind die Semilunarklappen des menschlichen Herzens im normalen Zustande frei von Blutgefässen, ebenso die Atrioventricularklappen, soweit sie nicht mit Muskelfasern besetzt sind. Das Epikardium besitzt allenthalben ein selbständiges Gefässsystem, welches theils durch direkte Zweigchen der Coronargefässe, theils durch feine aus der Muskulatur austretende Stämmchen gespeist wird.

Lymphgefässe kommen dem Herzen in ziemlich reichlicher Menge zu; und zwar ebenso in der Muskelschichte, als wie in dem subendokardialen Bindegewebe und in dem Epikard. Alle drei Gebiete stehen in vielfacher gegenseitiger Communication. *Henle* hat zwischen den Bündeln der Herzmuskulatur eigenthümliche Spalträume beschrieben, welche neueren Untersuchungen *Salvioli's* zufolge wohl als Durchschnitte grösserer Lymphgefässe anzusehen sein dürften. Zu besonders reichlicher Entwicklung gelangen die Lymphgefässe nach *Wedl* in dem Fettgewebe, welches die Herzfurchen überlagert. *Eberth* und *Belajeff*

beschreiben auch das Uebergreifen der Lymphgefässnetze aus dem Endokardium auf die Klappen des Herzens, an welchen sie sich jedoch nicht über die Mitte hinein erstrecken.

Nerven des Herzens. Von dem Plexus cardiacus gehen zahlreiche, geflechtartig geordnete Nervenfasern ab, welche der grösseren Mehrzahl nach entlang den Ramifikationen der Coronargefässe verlaufen, daselbst ausgebreitete Zweiggeflechte bilden und mit zahlreichen mikroskopisch kleinen Ganglienzellengruppen durchsetzt sind. Die Nervenfasern sind zum Theil markhaltig, zum Theil marklos; die Ganglienzellen gehören wahrscheinlich zumeist der bipolaren Form an. Es ist nicht festgestellt, ob nur die aus dem Sympathicus stammenden Fasern (*Kölliker*), oder auch die dem Vagus angehörenden (*Bidder*) sich mit den Ganglienzellen verbinden. Von diesem *subserösen* Geflecht gehen feine Nervenzweigchen in die Muskelschichten hinein und zerfallen sehr rasch in einzelne Fasern, mit denen sie die Muskelbündel umspinnen. Es scheint, dass nur marklose Fasern an die Muskelelemente selbst herantreten. Wie sie dort endigen, ist noch nicht sicher bekannt; *W. Krause* hat Endplatten beschrieben, von anderen Autoren wurden solche nicht beobachtet. *L. Gerlach* glaubte an dem Froschherzen das Eindringen feiner Nervenfibrillen in die Substanz der Muskelfasern beobachtet zu haben. *Fischer* konnte dies nicht bestätigen. Neuerdings findet *v. Openchowski*, dass sich die terminalen Fasern mittelst kleiner Anschwellungen (Endknötchen) mit der isotropen Substanz der Muskelfasern in Verbindung setzen. In ähnlichen Beziehungen zu der Muskulatur stehen jene an Ganglienzellen reichen Nervengeflechte, welche sich bei Säugethieren an der Basis der Ventrikel und in der Kammerscheidewand, bei Fröschen in dem Septum atriorum vorfinden.

Ein Flechtwerk markhaltiger Nervenfasern, in welchem jedoch keine Ganglienzellen nachweisbar sind, breitet sich unmittelbar unter dem Endokardium aus; das letztere erhält daraus feine Fädchen, deren Endigung noch völlig unbekannt ist. — Auch das Perikardium besitzt Nerven, aber nur in seinem parietalen Blatte. Sie laufen zum Theil mit den Blutgefässen an dasselbe heran, theils zweigen sie sich selbständig von dem Nervus phrenicus ab; ihre Endigungsweise ist nicht bekannt.

2) Die Arterien.

Man unterscheidet, wie bereits erwähnt, an ihrer Wandung drei verschiedene Schichten, die *innere*, die *mittlere* und die *äussere* Gefässhaut. Dieselben sind durch die Art und Beschaffenheit, sowie durch die Anordnung ihrer Formelemente wohl charakterisirt und erscheinen

in dem mikroskopischen Bilde scharf von einander abgesetzt; sie stehen aber unter einander allenthalben in so festem Zusammenhang, dass man sie nur künstlich, und da nur in einzelnen Fällen rein von einander trennen kann. Der Grund liegt darin, dass gewisse Formbestandtheile nicht auf eine einzelne Haut beschränkt sind, sondern von einer in die andere übergehen.

An allen Arterien zeigt die äussere Haut ein lockeres Gefüge, so dass man sie mit der Pincette, wie formloses Bindegewebe, leicht kegelförmig aufheben und nach allen Richtungen hin zerfasern und ablösen kann. Die mittlere Arterienhaut ist viel fester gewebt, sie bietet der Zerfaserung viel grösseren Widerstand, und wenn man ihre Theile mit der Pincette abzulösen versucht, gelingt dies niemals nach der Längsrichtung des Gefässes, sondern stets nur der Quere nach: in der letzteren Richtung kann man die Media etwas grösserer Arterien leicht in viele Lamellen zerlegen. Die innerste Arterienhaut ist an grossen Arterien so innig mit der Media verbunden, dass man sie nicht isolirt erhalten kann, jedoch gelingt es, einen Theil derselben von der inneren Fläche solcher Gefässe als zartes Häutchen abzuziehen, welches sich, im Gegensatz zu den Lamellen der Media, stets der Länge nach abspaltet. An kleinen Arterien, insbesondere an der Arteria basilaris und ihren Aesten, ist es hingegen leicht, durch entsprechendes Vorgehen mit Präparirnadeln oder feinen Messerchen die Innenhaut auf grosse Strecken hin von der Media mehr oder weniger rein und vollständig zu trennen.

Der feinere Bau der einzelnen Arterienhäute zeigt nach dem Kaliber des Gefässes und nach der Oertlichkeit sehr erhebliche Differenzen.

An der **Tunica intima** unterscheidet man ausser dem Endothelrohr noch gewisse Formationen der elastischen Substanz und des Bindegewebes, welche der Aussenseite des ersteren angelagert sind.

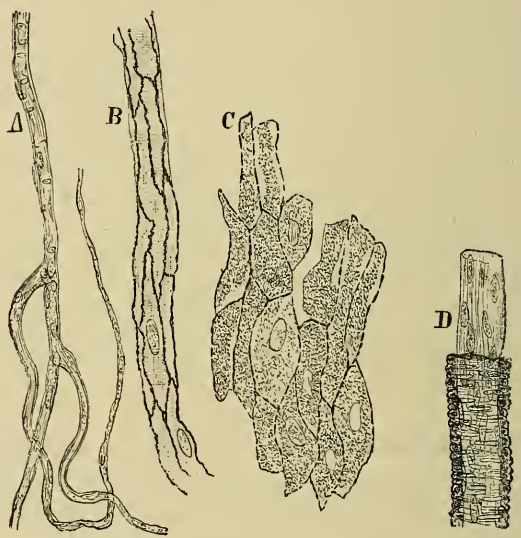
Das Endothel wird in den Arterien typisch von ganz platten, schmalen und langen, durchsichtigen, kernhaltigen Zellen gebildet, welche mit ihrem grösseren Durchmesser der Längenaxe des Gefässes gleich gerichtet sind und in einer continuirlichen, einschichtigen Lage die innere Oberfläche desselben bekleiden. An der Aorta des Menschen ist die Form der Endothelzellen, wie *Key-Åberg* richtig angibt, nicht eine lang gestreckte, sondern eine unregelmässig polygonale.

Durch vorsichtiges Schaben mit einem feinen Scalpelle kann man an frischen Arterien diese Zellen entweder vereinzelt, oder in kleinerer oder grösserer Anzahl noch zusammenhängend ablösen (Fig. 89, C.). Sie zeigen sich dabei aber häufig verstümmelt oder verschiedentlich eingerollt, so dass man über ihre Form- und Grössenverhältnisse nur ganz unsichere Aufschlüsse erhält. Eine viel bessere Anschauung kann man sich verschaffen, wenn man in die Arterien eines frisch getödteten Thieres eine Leimlösung injicirt, welche etwa 0·5—0·2proz. salpetersaures Silberoxyd beigemengt enthält. Bald nachdem der Leim erstarrt ist, eröffnet man die grösseren Arterien, welche man untersuchen will, und setzt deren Innenfläche, nachdem man sie mit destillirtem Wasser abgewaschen hat, vor Verdunstung geschützt, durch einige Zeit dem hellen Tageslichte aus. Für kleine und kleinste

Arterien ist es am bequemsten, dünne durchsichtige Membranen zu benützen (Mesenterium oder aufgeblasene Harnblase des Frosches, Retina, Pia mater u. dgl.), welche man ebenfalls vorher ausgebreitet und der Einwirkung des Tageslichts ausgesetzt hat. Während man die letzteren in toto untersuchen kann, muss man von den grösseren Arterien in der früher angegebenen Weise die Ablösung des Endothels bewerkstelligen.

Bei der Untersuchung des so behandelten Endothels findet man ein System von dunklen Linien (Fig. 89 B. und C.), welches dadurch entstanden ist, dass der Silbersalpeter in viel reichlicherer Menge von

Fig. 89.



A. Ein arterielles Uebergangsgefäss mit Capillaren aus dem Gehirn des Menschen isolirt; Chlorgoldpräparat.

B. Endothelzeichnung einer kleinen Vene aus der Harnblase des Frosches nach Silberinjection.

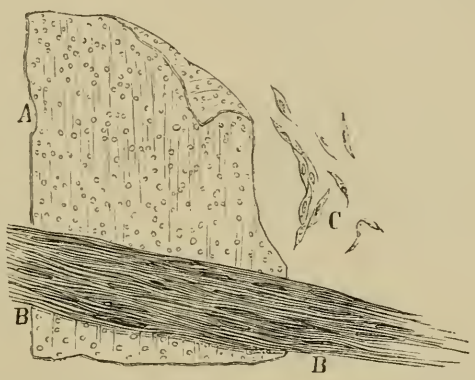
C. Isolirtes Endothel aus der Aorta des Frosches nach Silberimprägnation.

D. Abgerissenes Ende einer kleinen Arterie aus dem Gehirn des Menschen, an welcher die strukturlose Haut der Intima eine Strecke weit vorragt. An der Innenfläche der letzteren sind die Kerne des Endothels sichtbar. Chlorgoldpräparat. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

der die Ränder der Endothelzellen verbindenden Kittsubstanz, als von den Zellen selbst aufgenommen, und durch die Einwirkung des Lichtes reducirt worden ist. Die Silberlinien zeigen daher auf das Genaueste die Grenzen der einzelnen Endothelzellen an. Je reinlicher und sorgfältiger man bei der Präparation zu Werke gegangen ist, desto klarer und schärfer fällt die Silberzeichnung aus. Hat man zu concentrirte Silberlösung genommen, oder ist die Reduktion (durch direktes Sonnenlicht) zu rasch vor sich gegangen, so sieht man mitunter auch die Zellkörper mehr oder weniger mit Silberniederschlägen besetzt. Unter bis jetzt unbekannten Umständen treten manchmal, selbst bei dem sorg-

fältigsten Vorgehen, da und dort in den Silberlinien schwarze, kreisrunde Punkte in grösserer oder geringerer Anzahl hervor, deren Bedeutung völlig unklar ist. Einige Autoren haben, allerdings ohne ausreichende Begründung, die Vermuthung ausgesprochen, dass sie der Ausdruck kleiner Oeffnungen (*Stigmata*) seien, welche sich zwischen den Endothelzellen vorfinden, und man hat sogar daran gedacht, dass man in ihnen der Bahn auf die Spur gekommen sei, welche die Blutzellen bei ihrer Auswanderung aus den Gefässen benützen. Das Wahrscheinlichste ist indessen, dass die genannten schwarzen Punkte nichts anderes bedeuten, als dass an den betreffenden Stellen die Kittsubstanz eine kleine Verdickung besitzt.

Fig. 90.



Aus einem Zerzupfungs-Präparat der Arteria corporis callosi des Menschen nach Behandlung mit Chlorgold.

A. Gefensterte Membran der Intima.
B. Derselben anhaftende glatte Muskelfasern aus der Media.
C. Abgefallene, theils völlig isolirte, theils noch unter einander zusammenhängende Endothelzellen. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

An Isolationspräparaten gelingt es nicht selten, die geschwärzte Kittsubstanz in grösserer oder geringerer Ausdehnung in Form von verzweigten Stäbchen von den Zellen abgelöst zu erhalten.

Die übrigen Bestandtheile der inneren Arterienhaut verhalten sich verschieden, je nach der Grösse der Arterien.

An den *allerkleinsten*, dem freien Auge gar nicht oder kaum sichtbaren Gefässen — nahe dem Uebergang in die Capillaren — enthält die Intima ausser dem Endothel nur noch eine äusserst zarte, vollkommen structurlose Haut. Dieselbe ist am leichtesten an jenen kleinen Arterien, welche man durch leichten Zug mit der Pincette aus der Basis des Gehirns (Pons, substantia perforata) isolirt erhalten kann, nachweisbar. Indem die Wandbestandtheile derselben nicht immer an der gleichen Stelle abreissen, fügt es sich oftmals, dass die structurlose

Membran der Intima auf längere Strecken hin frei vorliegt (Fig. 89 D.). Sie zeigt sich dann, je nach Umständen, ganz glatt oder gefaltet, an einzelnen Stellen abgeknickt u. s. w.; das Endothel kann dabei erhalten, oder aber ganz oder nur theilweise abgelöst sein.

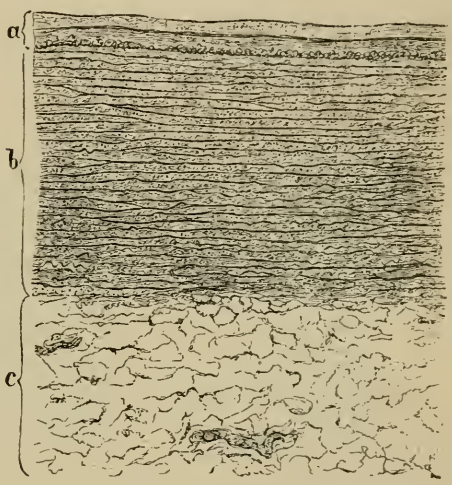
An *etwas grösseren* Arterien nimmt die entsprechende Lage der Intima den Charakter einer gefensterten Haut an (Fig. 90 A.), d. h. man findet an ihr eine grosse Anzahl kleiner, runder oder ovaler Lücken, deren Anordnung eine ziemlich regellose ist. Dabei hat sie an Dicke beträchtlich zugenommen und zeigt nach der Isolirung eine grosse Neigung, sich an den Rändern einzurollen. Wegen ihrer grossen Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Säuren und Alkalien rechnet man sie der elastischen Substanz zu. In dem Bereiche der Gehirnarterien, an denen diese gefensterten Häute am schönsten zu beobachten sind, erscheinen sie an den kleinen Seitenzweigen ziemlich glatt und mit feinen Längsstreifen versehen. Im Stamme der Arteria basilaris und in ihren grösseren Aesten findet man sie entsprechend derber, ihre Lücken reichlicher und grösser und gewöhnlich nebst den erwähnten Streifen noch mit längsverlaufenden Faltungen versehen, welche sich an Zupfpräparaten nicht ausgleichen lassen. — An *mittleren* Arterien (z. B. Art. radialis) wird die gefensterte Haut durch ein dichtes Netzwerk von stärkeren und feineren elastischen Fasern ersetzt.

Die Intima der *grossen* Arterien besitzt einen mehrfach geschichteten Bau. Unmittelbar unter dem Endothel erscheint eine helle, durchsichtige, bald fast homogene, bald der Länge nach fein gestreifte, wohl auch geschichtete Substanz (*subendotheliale Schichte, Key-Åberg, streifige Lagen der Intima, Kölliker*), welche von Strecke zu Strecke rundliche oder sternförmige Zellen mit längsgerichteten, ovalen Kernen einschliesst. Sie lässt sich zwar an der aufsteigenden Aorta, an den Arteriae iliacae u. s. w. als besondere Lage isoliren, hängt aber nach aussen continuirlich mit der nächsten Schichte zusammen. Diese, als *elastische Innenhaut* (*Kölliker*) bezeichnet, besteht aus mehreren Lagen elastischer Fasernetze. An der Grenze gegen die subendotheliale Schichte sind dieselben ausserordentlich zart, die Richtung der Fäserchen ist eine vorwiegend längslaufende; weiter nach aussen hin folgen gröbere Fasernetze mit unregelmässigen Maschenräumen; ihnen sind in wechselnder Menge und Ausdehnung durchlöcherte elastische Platten beigemengt. Die Lücken dieses Netzwerkes werden durch spärliches Bindegewebe ausgefüllt.

An den Theilungsstellen grösserer Arterien besitzt die Intima mitunter vereinzelte, glatte Muskelfasern, sonst aber entbehrt sie derselben gänzlich.

Die Tunica media besitzt als wesentlichsten Bestandtheil glatte Muskelfasern, welche quer zu der Verlaufsrichtung der Arterie gelagert sind. Geht man von den letzten Endausläufern der Arterien, an ihrem Uebergang zu Capillargefässen, aus (am besten wieder an ausgezogenen Gefässen der Gehirnbasis), so findet man die Muskelfasern, leicht kenntlich an ihren stäbchenförmigen, quergerichteten Kernen, zunächst ganz vereinzelt und in ziemlichen Abständen von einander gelagert (Fig. 89 A.). Bald aber nähern sie sich immer mehr und reihen sich zu einer geschlossenen Schichte zusammen, welche nach aussen und innen zu von den Contouren der Adventitia und Intima begrenzt erscheint. Während sich mit der Grössenzunahme der Arterie die Reihe der Muskelfasern allmälig verdoppelt und vervielfacht, treten dazwischen Elemente der elastischen Substanz auf und zwar zuerst in Form von weitmaschigen, feinfaserigen Netzen, welche man nur nach Einwirkung verdünnter Alkalien auf das frische Objekt wahrnehmen kann. An mittelgrossen Arterien findet man die elastischen Netze schon stärker entwickelt und zu mehr oder weniger selbständigen Schichten geordnet, welche zwischen die Lagen der Muskelfasern eingeschoben sind; immerhin aber bilden die letzteren noch weitaus den Hauptantheil der Media (Fig. 92 A.).

Fig. 91.



Querschnitt durch die Wand der Aorta thoracica descendens des Menschen (in Essigsäure aufgeweichter Schnitt durch ein lufttrockenes Präparat).
a. Dreifach geschichtete Intima.
b. Media. c. Adventitia mit Durchschnitten der Vasa vasorum. (Hartnack, Syst. IV, Ocul. 2.)

Ganz anders verhält es sich an den grossen und grössten Arterienstämmen. In diesen ist die elastische Substanz sehr reichlich vertreten und zu den mannigfaltigsten Bildungen geformt. Feinere und gröbere, immer aber sehr dichte Fasernetze, durchlöcherte Platten und verschiedene Uebergangsformen zwischen den beiden ordnen sich zu dünnen Lamellen, welche in grösserer Anzahl, mit vorwiegender Querstellung ihrer Elemente, ringsum die Gefässwand durchziehen. Zwischen ihnen erscheinen die Lagen der glatten Muskelfasern (Fig. 91), deren Elemente durch ein in wechselnder Menge vorhandenes, undeutlich fibrilläres oder feinkörniges, oder auch ganz strukturloses Bindemittel

zusammengehalten werden. Man hat sich diese Anordnung jedoch nicht so vorzustellen, als wären alle diese elastischen und muskulösen Blätter völlig in sich abgeschlossen und einfach in einander geschachtelt; es stehen vielmehr die verschiedenen elastischen Lagen allenthalben unter einander in Zusammenhang durch abzweigende Fasern, welche in schiefer Richtung die Muskelschichten durchbrechen und sich zum Theil auch in diesen selbst zu feinen Netzen ausbreiten.

In Bezug auf die Muskulatur kommen an einzelnen Abschnitten des arteriellen Systemes gewisse Abweichungen von der oben gegebenen Darstellung vor. Es ist das Verdienst *Bardeleben's*, auf das ganz regelmässige Vorkommen einer Zone longitudinal gerichteter Muskelfasern an der inneren Grenze der Media bei allen grösseren und mittleren Arterien aufmerksam gemacht zu haben; besonders reichlich sind sie in der Arteria subclavia zu finden. Bei manchen grösseren Arterien sind vereinzelte Bündel längs oder schräg verlaufender Muskelfasern zwischen den circulären eingestreut, oder es findet sich eine Lage längslaufender Muskelfasern an der äusseren Grenze der Media. Im Bogen der Aorta enthält die Media sowohl quere als longitudinale und schräggerichtete Muskelfasern. Es verdient übrigens bemerkt zu werden, dass an denselben Arterien verschiedener Individuen, noch mehr aber, wenn man auf die einzelnen Thierklassen Rücksicht nimmt, in der Anordnung der Muskulatur mannigfache kleinere Differenzen obwalten.

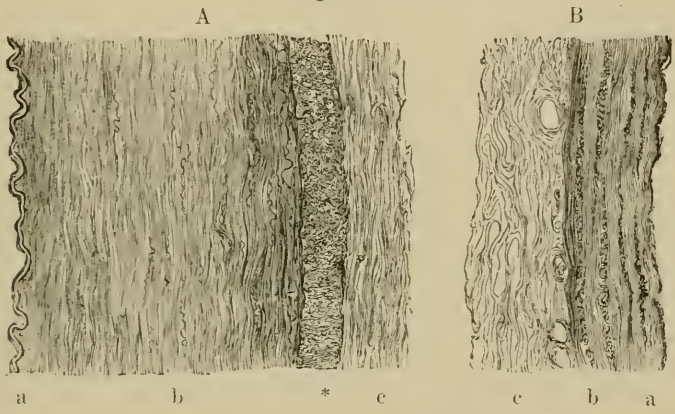
Die Verbindung der mittleren und der inneren Gefässhaut wird an den grösseren Arterien hauptsächlich durch die Continuität der elastischen Fasern hergestellt, ausserdem aber wurde durch *Adamkiewicz* das Vorkommen einer besonderen, eiweissartigen, im Leben formlosen Kittmasse wahrscheinlich gemacht, welche an den kleinen Arterien wohl einzig und allein den Zusammenhang der genannten beiden Häute vermitteln dürfte.

Die **Tunica adventitia** besteht an den grossen und mittleren Arterien der Hauptmasse nach aus fibrillärem Bindegewebe mit reichlich entwickelten Gebilden der elastischen Substanz. Nicht selten enthält sie auch glatte Muskelfasern. Ueber den Charakter des adventitiellen *Bindegewebes* ist nichts weiter auszusagen, als dass es aus ziemlich derben Bündeln zusammengesetzt ist, welche vorwiegend in schiefer Richtung zur Gefässaxe verlaufen und sich vielfach durchkreuzen; sehr häufig kommen in ihm vereinzelte oder zu Längsreihen geordnete Fettzellen vor, neben grobkörnigen, rundlichen oder länglichen Zellen, welche wohl den *Waldeyer'schen* Plasmazellen zugezählt werden müssen. Nach der Peripherie hin steht das Gewebe der Adventitia in continuirlichem Zusammenhang mit der sogenannten Gefässscheide (Vagina

vasorum) oder, wo eine solche — wie an den kleineren Gefässen — nicht entwickelt ist, mit dem umliegenden Bindegewebe überhaupt.

Die *elastische Substanz* betheiligt sich an dem Aufbau der Adventitia in Gestalt von grobfaserigen, weiteren und engeren Netzwerken und grösseren oder kleineren, durchlöcherten Platten mit allen ihren Uebergangsformen. Durch die ganze Dicke der Adventitia dem Bindegewebe beigemengt, erscheint jedoch die elastische Substanz besonders reichlich an der Grenze gegen die Media zu angesammelt, was insbesondere an mittelgrossen Arterien (Art. brachialis, radialis und ihren nächsten Aesten) auffallend hervortritt, so dass der innere Theil der Adventitia von dem äusseren an Querschnitten nicht minder deutlich abgegrenzt erscheint, wie etwa die Media von der Intima (Fig. 92 A.)

Fig. 92.



Theil eines Querschnittes durch die Arteria (A) und Vena (B) cubitalis des Menschen nach Härtung in Chromsäure.

a. Tunica intima, b. Tunica media, c. Tunica adventitia.

An der Arterie ist der innere Abschnitt der Adventitia (*) längsfaserig und scharf von der Umgebung abgegrenzt (elastische Haut nach *Henle*). (Hartnack, Syst. VII. Ocul. 2.)

Henle hat daraus Veranlassung genommen, die innere, an elastischen Elementen besonders reiche Abtheilung der Adventitia als besondere Wandschichte unter dem Namen der *elastischen Haut* aufzuführen. Diese Auffassung hat aus dem Grunde keine weitere Verbreitung gefunden, weil an vielen, namentlich an den grösseren Arterien der Reichthum der Adventitia an elastischen Elementen von innen nach aussen ganz allmälig abnimmt, so dass die Unterscheidung einer besonderen elastischen Haut an diesen Gefässen ganz unmöglich wird.

Glatte Muskelfasern sind in der Adventitia grösserer Arterien keine seltene Erscheinung. Sie halten ausnahmslos einen längsgerichteten Verlauf ein, bilden aber niemals eine geschlossene Schichte, sondern stehen in einzelnen schmalen Bündeln zerstreut. Constant

und in ziemlich reicher Zahl findet man sie in den Arterien des Penis, in der Art. lienalis und renalis, spermatica interna, spärlich in der Art. cruralis.

Die Verbindung der äusseren und mittleren Arterienhaut wird durch vielfache Anastomosen der elastischen Fasernetze beider Häute hergestellt.

Die eben geschilderte Beschaffenheit der Adventitia ändert sich allmälig, wenn man die Arterien gegen ihre feineren Verästelungen verfolgt. Die elastische Substanz nimmt an Reichhaltigkeit zusehends ab, reducirt sich auf weite feinfaserige Netze und verschwindet endlich vollends. Auch die Bindegewebsbündel werden allmälig feiner, doch erhält sich die fibrilläre Beschaffenheit der Adventitia bis zu den allerfeinsten Endausläufern der Arterien; erst an diesen wandelt sie sich in eine, wie es scheint, ganz structurlose, mit spärlichen Kernen besetzte Membran um.

Den vorstehenden Angaben, welche sich im Allgemeinen auf den Bau der Arterien des ausgewachsenen menschlichen Körpers beziehen, möge noch die Schilderung einiger interessanter Verhältnisse angereiht werden, welche wir in früheren Entwicklungsperioden des Organismus treffen.

Die *Arteria umbilicalis*, deren von anderen Arterien abweichende, makroskopische Eigenthümlichkeiten als bekannt vorausgesetzt werden, ist in histologischer Beziehung durch den ausserordentlichen Reichthum an glatten Muskelfasern und durch die Armut an elastischen Elementen ausgezeichnet. Die *ersteren*, von verhältnissmässig grosser Länge und Dicke, sind durch alle drei Häute verbreitet. Ihre Anordnung zeigt aber keineswegs jene Regelmässigkeit, welche wir in allen anderen Arterien beobachten; selbst in kurz auf einander folgenden Abschnitten der Nabelarterie ergeben sich die grössten Verschiedenheiten. Das häufigste Bild, wenn man von den ausgebuchteten und eingeschnürten Stellen der Arterie absieht, mag wohl jenes sein, wo man eine innere, bis an das Endothelium heranreichende Längsfaserschichte, eine der Media entsprechende Querfaserschichte und endlich eine äussere, der Adventitia zugehörige Schichte von längsverlaufenden Muskelfasern findet. Bald nun aber fehlt die innere oder die äussere Längsfaserschichte, oder auch beide, so dass man nur quergelagerte Muskelfasern vor sich hat, bald sind die letzteren selbst von längs- oder schrägziehenden Fasern durchsetzt. Ja, nach den Beobachtungen *Strawinski's* sollen auch stellenweise ausschliesslich längsverlaufende Muskelfasern vorkommen. Dem genannten Autor zu Folge sind die partiellen Verdünnungen und Verdickungen der Nabelarterie grösstentheils von der Menge und Vertheilung der Muskelfasern abhängig, im Allgemeinen aber soll die Dicke der genannten Muskelschichten von der Placenta bis nach innen vom Nabelring allmälig zunehmen, von da aber gegen die Art. hypogastrica hin rasch sich verdünnen. Die *elastischen* Elemente der Nabelarterie treten, wie schon erwähnt, auffallend in den Hintergrund, so dass im Bereiche der Nabelschnur eine selbständige elastische Innenhaut vollkommen fehlt, und zwischen den Muskelschichten und der Adventitia nur spärliche, elastische Fäserchen nachgewiesen werden können. Erst im intraabdominalen Abschnitt der Nabelarterie wird eine für sich bestehende, elastische Lage der Innenhaut bemerkbar, und auch in der Media und Adventitia fällt hier eine stärkere Entwicklung der elastischen Elemente auf.

Der *Ductus Botalli*, während der Embryonalperiode bekanntlich eine aus dem rechten Herzen entspringende Wurzel der Aorta darstellend, zeigt, wie *C. Langer* zuerst gefunden hat, einen abweichenden histologischen Bau, sowohl von der Aorta, als auch von der Art. pulmonalis. Es lassen sich zwar in seiner Wandung die gewöhnlichen drei Häute erkennen, doch sind sie viel weniger scharf von einander gesondert, als dies sonst der Fall ist.

An Embryonen aus dem 5.—7. Monate fehlt ihm das elastische Gewebe noch fast vollständig. Die Intima, verhältnissmässig dick, besteht nebst dem Endothel vorwiegend aus längsverlaufenden, mit oblongen Kernen reichlich untermengten, feinsten Bindegewebsfasern und aus einzelnen Bündeln glatter Muskelfasern. Auch die queren Muskelfaserschichten der Media sind stellenweise von undeutlich faserigem, mit langgestreckten Zellen versehenem Bindegewebe durchsetzt. Elastische Elemente sind entweder gar nicht, oder in Form einzelner feinster Fäserchen erkennbar. Die reichlichen elastischen Lagen der Aorta und der Art. pulmonalis ziehen sich nur eine kurze Strecke weit in die Endtheile des Ductus *Botalli* hinein, um bald ganz zu verschwinden. Am neugeborenen Kinde jedoch findet man sie in Form feinster Netze, sowohl in der Media, als in der Adventitia. Von dieser Zeit an, ja schon in den letzten Perioden des Fötallebens, beobachtet man eine sehr reichliche Vermehrung der bindegewebigen Bestandtheile der Intima und Media, wodurch die Wandung des Ganzen erheblich an Dicke zunimmt. Auch die Endothelzellen nehmen an diesem Wucherungsvorgange Antheil, so dass sie stellenweise in 4—5 und mehr Lagen über einander geschichtet sind; die Folge davon ist eine beträchtliche Verengerung der Lichtung des *Botall'schen* Ganges, welche durch leistenartige oder höckerige Erhabenheiten der Intima noch vermehrt wird. Indem dieser Process zuerst, und am lebhaftesten in der Mitte des Ganges vor sich geht und von da aus gegen seine beiden Enden fortschreitet, wird die allmälige Obliteration desselben eingeleitet (*Langer*).

Das *Ligamentum arteriosum*, der Ueberrest des *Botall'schen* Ganges bei dem Erwachsenen, lässt auf dem Querschnitt noch mehr weniger deutlich den dreischichtigen Bau des ehemaligen Gefässrohres erkennen. Das der Intima entsprechende Stratum ist als eine stark und unregelmässig gefaltete, mit elastischen Fasern reich durchsetzte Schichte zu erkennen. Sie schliesst einen dem entsprechend mannigfach geformten Raum ein, welcher manchmal mit faserigem Bindegewebe ganz ausgefüllt ist, häufig aber entweder in der ganzen Länge des Bandes oder nur eine Strecke weit noch eine enge, mit Blut erfüllte Lichtung erkennen lässt. An der der Intima von aussen anliegenden Schichte sind noch ganz deutlich die abwechselnd auf einander folgenden, longitudinalen und queren Faserlagen der Media des ehemaligen *Botall'schen* Ganges erhalten, die ersteren nach innen zu beträchtlich vorwiegend. Auch elastische Elemente findet man in grösserer Zahl sowohl in der Media, als auch in dem adventitiellen Bindegewebe.

3) Die Venen.

Ihre Wandungen sind, so wie die der Arterien, aus drei verschieden gebauten Schichten zusammengesetzt. Es wiederholen sich in ihnen auch dieselben Formelemente, wenn auch in anderen Mengenverhältnissen und in theilweise abweichender Anordnung. Während aber im arteriellen System Gefässe gleichen Kalibers, bis

auf minder wesentliche Differenzen, einen ziemlich analogen Bau zeigen, finden wir an den Venen sehr weit gehende Unterschiede, welche nicht so sehr von der Grösse des Gefässes, als von der Oertlichkeit abhängig sind und mit den differenten Kreislaufsverhältnissen der verschiedenen Körpertheile und Organe in Zusammenhang stehen. Dieser Umstand findet schon bei oberflächlicher Beobachtung seinen Ausdruck in dem sehr wechselnden Verhältniss zwischen der Weite des Venenrohres und der Dicke seiner Wandung.

Im Allgemeinen lässt sich aussagen, dass die Venenwand viel ärmer an elastischer Substanz und an Muskelfasern, dagegen verhältnissmässig reicher an Bindegewebe ist, als die Wandung einer correspondirenden Arterie. Dem entspricht eine viel geringere Mächtigkeit der mittleren Gefässhaut, als der vorzüglichen Trägerin der elastischen und muskulösen Elemente, sowie eine stärkere Entwicklung der bindegewebigen Adventitia.

Mit Bezug auf den feineren Bau der Venenwand ist Folgendes zu bemerken.

Die *Tunica intima* trägt an ihrer freien Fläche einen continuirlichen Endothelbelag, dessen Zellen nur an den kleineren Venen in die Länge gestreckt sind, an den grösseren hingegen eine unregelmässig polygonale Gestalt besitzen. Im Uebrigen stimmen sie mit jenen der Arterien überein. Die elastische Schichte der Intima zeigt sich an den kleinsten Venen als eine zarte, structurlose Haut, deren Stelle an etwas grösseren Venen durch ein äusserst feines elastisches Netzwerk mit fein fibrillirtem Bindegewebe eingenommen wird. Erst in ganz grossen Venen erlangt das elastische Gewebe eine etwas stärkere Entwicklung und erscheint auch ab und zu in Form von durchlöcherten Platten. Die streifigen Lagen der Intima sind nur an wenigen, grössten Venen (Cava superior, femoralis, poplitea) deutlich ausgebildet und erreichen in der letztgenannten Vene die grösste Dicke. Die Intima der Vena femoralis und poplitea ist ausserdem durch ihren Gehalt an zerstreuten, längs- und querziehenden Muskelfasern ausgezeichnet.

Die *Tunica media* ist es, deren wechselnde Zusammensetzung insbesondere die grossen Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Venenwand bedingt. Ein analoges Verhalten wie bei den Arterien zeigt sie an den grösseren Venen der Extremitäten und an den meisten Venen der Brust- und Bauchhöhle, insoferne als an ihnen Lagen von quergerichteten glatten Muskelfasern mit elastischen Netzen in wechselnder Folge über einander geschichtet sind. Indessen ist die Anzahl dieser Schichten, sowie ihre Stärke, an den einzelnen Venenbezirken eine äusserst verschiedene. Während die Venen der unteren Extremität, namentlich die Vena poplitea, sehr reich sind an muskulösen und elasti-

schen Elementen, finden wir dieselben an den Venen der oberen Extremität schon bedeutend schwächer entwickelt. Aehnliche Verhältnisse wie bei den letzteren bestehen auch in der Astfolge der Vena mesenterica superior. Die grössten Venenstämme der Bauchhöhle (Vena cava inferior, V. renalis, V. azygos, V. portarum, V. gastrolienalis, der Stamm der mesenterica superior), sowie auch die grossen Venen des Halses sind verhältnissmässig arm sowohl an muskulösen, als auch an elastischen Bestandtheilen; noch ärmer die Venae hepaticae, die Aeste der Venae pulmonales und die Venae coronariae cordis. Alle die genannten Venen enthalten ausserdem in der Media nicht unbeträchtliche Mengen fibrillären Bindegewebes, welches theils in Lücken der elastischen Netze, theils aber in nicht unansehnlichen selbständigen Lagen erscheint.

Eine grössere Reihe von Venen entbehrt der Muskulatur in der Tunica media vollständig. Hierher gehören nicht nur die *Breschet'schen* Venen des Schädels, sondern überhaupt alle im Innern der Knochen verlaufenden Venen, ferner die der nervösen Centralorgane und ihrer Häute, die Venen der Retina, die Cava superior und der oberste Theil der Vena cava inferior (von dort an, wo sie in die rechte, hintere Leberfurche eintritt). An ihnen besteht die Media aus quer- und schräg-verlaufenden zarten Bindegewebsbündeln, zwischen denen gröbere und feinere elastische Fasern mit vorwiegend längsgerichteter Anordnung eingelagert sind. Stellenweise aber sind auch diese Bildungen so wenig entwickelt, dass man kaum das Vorhandensein einer Tunica media überhaupt nachweisen kann.

Die kleinsten Venen, welche sich eben aus den Capillargefässen sammeln, besitzen keine Muskelfasern und überhaupt keine unterscheidbare Media. Ein zartes, feingefasertes Bindegewebe, welches unmittelbar an die elastische Schichte der Intima stösst, deutet zuerst das Erscheinen der Media an. In ihm sieht man hie und da der Länge nach ziehende vereinzelte Muskelfasern, erst später tritt auch die quergestellte Muskulatur hinzu.

Die *Tunica adventitia* bildet an den meisten Venen den weitaus vorwiegenden Bestandtheil der ganzen Wandung. Sie formt sich, wie bei den Arterien, aus gekreuzten, ziemlich derben Bindegewebsbündeln und elastischen Fasernetzen, welche letzteren jedoch lange nicht so stark entwickelt sind und namentlich an keiner Stelle schärfer gesonderte Lagen darstellen. Reicher als an den Arterien betheiligen sich die glatten Muskelfasern an dem Aufbau der äusseren Venenhaut. Sie ziehen ausnahmslos in der Längsrichtung des Gefässes und bilden an gewissen Venen (Leberantheil der Vena cava inferior, V. portae, V. renalis) eine mehr oder weniger geschlossene, ziemlich mächtige Schichte.

An den anderen grösseren Venen kommen sie in ziemlich zerstreuten Bündeln vor, nehmen aber meist nur den inneren Abschnitt in Anspruch. Recht zahlreich sind sie in dieser Weise an den Venen der unteren Extremitäten eingestreut.

An den dem Herzen zunächst gelegenen Abschnitten der beiden Hohlvenen, sowie der Pulmonalvenen findet sich netzförmig geordnetes, quergestreiftes Muskelgewebe in der Adventitia mit vorwiegend ringförmiger Anordnung, welches von der Herzmuskulatur sich abzweigt.

Die Klappen der Venen gehen aus der inneren Gefässhaut hervor und besitzen daher die Bestandtheile derselben. Es ist jedoch eine rein schematische Vorstellung, wenn man sie einfach als Duplikaturen der Innenhaut betrachtet. Denn während man an ihrer convexen, dem Herzen abgewendeten Seite dichte elastische Fasernetze vorfindet, fehlen dieselben gegen die concave Seite zu vollständig und werden daselbst durch feinfaseriges Bindegewebe ersetzt. Nur die Endothelbekleidung überzieht beide Flächen der Klappen als eine eigentliche Duplikatur. *Bardeleben* hat in ihnen als regelmässiges Vorkommniss glatte Muskelfasern nachgewiesen, welche mit der Muskulatur der Venenwand in Zusammenhang stehen und theils parallel, theils senkrecht zur Axe der Vene gerichtet sind.

Die Sinus der harten Hirnhaut sind venöse Räume, welche in dem Gewebe dieser Membran ausgegraben, gewissermassen Spalten derselben darstellen und daher ausser einem Endothelbelag keine selbständige Wandung besitzen.

Die Schwellkörper (*corpora cavernosa*) sind zum Theile nichts anderes, als dichte Netzbildungen grösserer oder kleinerer Venenstämme, welche auf einen bestimmten Raum beschränkt und von bindegewebigen Kapseln umschlossen sind (*Schwellnetze*). In anderen Fällen aber finden sich in ihnen zahlreiche anastomosirende Räume, welche von einem kräftigen bindegewebigen Gerüst umgrenzt werden und mit dem Blutgefässsystem vielfach in offener Communikation stehen. Für gewöhnlich enthalten diese cavernösen Räume nur geringe Mengen von Blut und stellen dann enge, spaltförmige Lücken dar. Sind sie aber durch natürliche Blutfüllung oder durch Injection ausgedehnt, so nehmen sie kugelähnliche oder mehr in die Länge gestreckte Formen an. Das Bindegewebe, welches ihre Stütze bildet, zeigt einen sehnenartigen Charakter und enthält häufig erhebliche Mengen von glatten Muskelfasern. Die nächste Begrenzung der Bluträume wird durch eine Lage von polygonalen Endothelzellen hergestellt.

4) Die Capillargefässe.

Zwischen den feinsten Endausläufern der Arterien und den Wurzeln der Venen eingeschaltet, haben die Capillargefässe vorzüglich die Aufgabe, den Stoffwechsel zwischen der in ihnen circulirenden Blutflüssigkeit und den elementaren Gewebsbestandtheilen in möglichst ausgiebiger Weise zu vermitteln. Dem entsprechend ist ihre Wandung sehr dünn und einfach gebaut, für Gase und in Flüssigkeit gelöste Stoffe leicht diffusibel.

Die capillaren Blutgefässe sind, wie die Arterien und Venen, meistens in Bindegewebe eingelagert. Mit den Formelementen anderer Gewebe stehen sie nur selten in unmittelbarer Berührung, geschweige denn, dass sie je in das Innere von Zellen oder zellenartigen Gebilden eindringen. Alle Epithelformationen und ihre Derivate bleiben von ihnen vollständig frei.

Ueber die Form und Anordnung der Capillarsysteme kann man in der Regel nur dann verlässlichen Aufschluss bekommen, wenn die Röhrchen mit Blut erfüllt oder durch künstliche Injection kenntlich gemacht sind. Im leeren Zustande legen sich ihre zarten Wände flach an einander, so dass sie nur in ganz homogenen, oder sehr durchsichtigen Geweben (dünne Bindegewebshäute, Linsenkapsel des Frosches u. s. w.), und zwar am besten im frischen Zustande, der Beobachtung zugänglich sind. Für solche Objekte leistet die von *Sigm. Mayer* empfohlene Tinktion mit Anilin-Violett vorzügliche Dienste.

In den verschiedenen Geweben und Organen zeigt das Capillarsystem nach manchen Richtungen erhebliche Differenzen. Ein ganz allgemeines Vorkommen sind Theilungen und Anastomosen der Capillarröhrchen. Die ersteren unterscheiden sich von denen der Arterien und Venen dadurch, dass die Weite der Röhrchen selbst bei wiederholter Verästigung nicht abnimmt, so dass gewöhnlich die Capillaren eines und desselben Gewebes sämmtlich die gleichen Breitendimensionen besitzen. In verschiedenen Geweben und auch bei verschiedenen Thieren kann allerdings der Breitendurchmesser sehr erheblich schwanken (6—16 μ im gefüllten Zustande). Zu den engsten Capillargefässen gehören die der glatten und quergestreiften Muskeln und der Retina, zu den weitesten die der Leber und der Aderhaut des Auges. Die niederen Wirbelthiere, namentlich gewisse Arten der Amphibien, sind durch besonders weite Capillargefässe ausgezeichnet.

Es möge bei dieser Gelegenheit die Bemerkung eingeschaltet werden, welche übrigens, mutatis mutandis, bei allen anderen Gefässen zu beachten ist, dass es eine ganze Reihe von Faktoren gibt, welche im einzelnen Falle auf die Weite der Capillargefässe einen beträchtlichen Einfluss gewinnen können. Dahin gehört vor Allem die Menge von Blut, welche dieselben je nach den bestehenden Strömungsverhältnissen aufgenommen haben. An Injectionspräparaten ist das Quantum der eingespritzten Flüssigkeit, der dabei verwendete Druck und ausserdem der Umstand

massgebend, ob der Injectionsmasse der Abfluss durch die Venen gestattet, oder mehr weniger behindert war. Diese Erscheinungen müssen zunächst auf die passive Dehnbarkeit und Elasticität der Capillarwände zurückgeführt werden. Wir wissen jedoch durch die Untersuchungen *Stricker's*, dass die Capillargefässe auch eine active Contractilität besitzen und auf angebrachte künstliche Reize ihr Lumen erheblich verkleinern können. In wie weit dies unter den gewöhnlichen Lebensverhältnissen geschieht, ist allerdings nicht bekannt. Dazu kommt für mikroskopische Präparate die Art der vorausgegangenen Härtung, die Präparationsmethode u. dgl. in Betracht.

Die Länge der einzelnen Capillarröhrchen schwankt in weiten Grenzen und kann selbst in einem und demselben Capillarbezirk sehr verschieden sein. Sie steht naturgemäss in einem gewissen Zusammenhang mit der Art und Zahl der Verästigungen. Der Verlauf der Capillarröhrchen ist mitunter ein ziemlich geradliniger, mehrerentheils aber in verschiedenen Curven gebogen und zwar bald nur nach einer, bald nach mehreren Richtungen, so dass sie hier in einfachen Kreisbögen, dort in S-förmigen oder spiraligen Touren gekrümmt erscheinen. Sehr verbreitet ist ausserdem die Schlingenbildung in bald einfacher, bald complicirterer Form.

Betrachtet man die verschiedenen *Capillarsysteme* des Körpers, so ergibt sich für eine jede der mannigfachen Gewebsformen ein eigenthümlicher Charakter derselben, ja man kann sagen, dass an der Form und Anordnung eines Capillarsystemes allein schon die Gewebsform erkannt werden kann, welcher dasselbe angehört. Dieser Charakter eines Capillarsystemes hängt ab: einerseits von der Gestaltung und Zusammenfügung der Gewebsbestandtheile und andererseits von dem Maasse der Verästlung und Anastomosenbildung der Capillarröhrchen selber. In der Mehrzahl der Fälle hat man es mit den sogenannten *Capillargefässnetzen* zu thun. Dieselben entstehen dadurch, dass alle zwischen den Endausläufern der Arterien und den Wurzeln der Venen eines Gewebsbezirkes eingeschalteten Capillarröhrchen durch mehr weniger zahlreiche Anastomosirung netzartig unter einander zusammenhängen. Je nach Umständen ist dieses Netz ein körperliches (in den Parenchymen), oder ein flächenhaft ausgebreitetes (in Membranen, Choroidea, Lungenbläschen). Die Dichte des Netzes, d. h. die Grösse der von demselben umschlossenen und durch die Gewebsbestandtheile ausgefüllten Maschenräume ist sehr wechselnd und steht mit der Energie des Stoffwechsels, deren ein Gewebe fähig ist, in engem Zusammenhang. Eine andere Form, die *Schlingenform* der Capillaren, entsteht in den einfachsten Fällen dadurch, dass ein arterielles Endästchen mit einer Venenwurzel durch ein einziges, scharf bogig gekrümmtes Capillarröhrchen in Zusammenhang gebracht ist, wobei das letztere auch mehrmals schleifenförmig ausgebogen sein kann. In anderen Fällen entwickelt

sich aus den arteriellen Endästchen zunächst ein flächenartig ausgebreitetes Capillarnetz, aus welchem sich erst schlingenartig gebogene Capillarröhrchen erheben. An den verschiedenen Bezirken der äusseren Haut und der Schleimhäute sind alle diese genannten Formen vertreten.

An gewissen Orten (Nierenrinde, Schleimhaut des Magens und Darmes) zeigt das Capillarsystem nicht einen durchwegs gleichartigen Charakter, insoferne, als nicht nur die Weite und Länge der Röhrchen, sondern auch die Form der von ihnen umschlossenen Maschenräume in der Nähe der arteriellen Endzweigchen eine andere ist als dort, wo sie in die Venenwurzeln übergehen. In der Regel sind dann letzteren Ortes die Capillarröhrchen auffallend weiter und das ganze Netz dichter. Man spricht in diesen Fällen von arteriellen und venösen Capillaren.

Mit einer eigenthümlichen Formation der Blutcapillaren, welche in der Gaumen- und Schlundschleimhaut der Frösche zu treffen ist, sind wir durch die Untersuchungen *Langer's* bekannt gemacht worden. Alle Capillarröhrchen besitzen nemlich daselbst eine Anzahl von halbkugelförmigen, divertikelartigen Ausbuchtungen ihrer Wand, welche, sämmtlich nach der Oberfläche der Schleimhaut gerichtet, zum Theil in leistenartigen Erhebungen derselben enthalten sind und mit einer halsartigen Einschnürung dem Capillarrohr aufsitzen. Es ist gewiss gerechtfertigt, mit *Langer* in diesen Bildungen ein eigenartiges Aequivalent von Capillargefässschlingen zu erblicken, um so mehr, als sie bei der Kröte nur am Gaumen selbst vorkommen, in den hinteren Theilen der Mundhöhle und im Schlunde aber wirklichen Gefässschlingen Platz machen. In neuerer Zeit hat *C. Langer* ganz ähnliche Ausbauchungen an den Gefässen der Conjunctiva palpebrarum beim Menschen nachgewiesen.

Was nun den *Bau* der Capillargefässwände betrifft, so sind sie im Wesentlichen aus Endothelzellen susammengesetzt und können als continuirliche Fortsetzungen der endothelialen Auskleidung der arteriellen und venösen Endästchen angesehen werden. Man kann sich vorstellen, dass die arteriellen Endausläufer bei ihrem Uebergang in die Capillaren allmälig alle Bestandtheile ihrer Wandungen mit Ausnahme des Endothelrohres verlieren und das letztere dann als Capillargefäss weiter verläuft; an der Uebergangsstelle in die Venenwurzeln erhält dann das Endothelrohr neuerdings die besprochenen Elemente der Wandung nach und nach aufgelagert. An dünnen, durchscheinenden frischen Geweben (Mesenterium, Membrana hyaloidea des Frosches) erscheinen die Capillargefässe durchgehends von einem einfachen zarten Contour umgeben, welchem von Strecke zu Strecke ein oblonger, längs-

gestellter Kern anliegt; ähnliches sieht man auch an injicirten oder mit Blut gefüllten Capillargefässen anderer Oertlichkeiten. Die Zusammensetzung der Wandung aus Zellen und der Charakter der letzteren lässt sich nur nach Behandlung (Injection) mit Silbersalpeter erkennen. Es gilt dafür alles das, was schon früher (Seite 331 bis 333) in Betreff dieser Methode beigebracht worden ist.

Die Zellen selbst sind meist spindelförmig, mitunter mehr polygonal, und derart eingerollt, dass sie an ihrer breitesten Stelle gewöhnlich mehr als die Hälfte des Capillarröhrchens umfassen. Da sie jedoch mit ihren zugespitzten Enden in einander greifen, so kommen in den Querschnitt einer Capillare stets 2, 3 oder 4 Zellen zu liegen. In den meisten Fällen findet man die Zellen der Capillaren als vollkommen durchsichtige, hyaline Plättchen; nur selten kann man in der unmittelbaren Umgebung des Kernes eine zarte Granulirung nachweisen, welche man als Andeutung von Protoplasma betrachtet hat. Eigenthümlich ist, dass man an einzelnen Bezirken (Leber, Choroidea) noch nicht im Stande war, den zelligen Bau der Capillaren durch Höllensteininjection nachzuweisen. Man ist daher zu der Annahme gezwungen, dass an diesen Orten entweder eine Differenzirung der Capillarwand in Zellen überhaupt niemals besteht oder dass dieselben im Laufe der Zeit unter einander verschmelzen.

Die Abgrenzung der Capillargefässe von den Endausläufern der Arterien und Venen ist an vielen Stellen keine so scharfe, als wir dies bis jetzt hingestellt haben; es kommt vielmehr häufig ein ganz allmäliger Uebergang vor durch Vermittelung der sogenannten *Uebergangsgefässe* (*Vorcapillaren*). Diese unterscheiden sich von den eigentlichen Capillaren dadurch, dass man nach aussen von dem Contour des Endothels noch einen zweiten Contour wahrnimmt, welcher einer zarten, scheinbar structurlosen Hüllmembran entspricht. Da diese sich weiterhin in die äussere Gefässhaut fortsetzt, so wird sie als *Adventitia capillaris* bezeichnet. Es lässt sich an ihr keinerlei Structur nachweisen, jedoch trägt sie einzelne kleine, rundliche Kerne. An den feinen, eigentlichen Capillaren der Membrana hyaloidea des Frosches ist sie nach *Eberth* und *Iwanoff* durch ein zartes Netzwerk feiner Fäserchen ersetzt, welche als Ausläufer von sternförmigen, der Capillarwand anliegenden Zellen betrachtet werden. Von einigen Autoren wird für gewisse Capillarbezirke (centrales Nervensystem, Leber u. a. m.) eine durchlaufende Adventitia capillaris angenommen.

Entwicklung der Capillargefässe. Um ein volles Verständniss des histologischen Charakters der Capillarwände zu gewinnen, ist es unerlässlich, auf die Entwicklung und Neubildung derselben mit ein

paar Worten zurückzukommen. Man stellte sich früher, als die Zelle noch für ein Bläschen mit selbständiger Wand galt, die Entstehung eines Capillarröhrchens so vor, dass eine Anzahl von Bildungszellen sich in einer einfachen Reihe an einander legen, dass dann die Zellmembranen an der Berührungsstelle je zweier Zellen schwinden und das Innere der Zellen zur Lichtung, die verschmolzenen seitlichen Theile der Zellmembranen zur Wandung des Capillarröhrchens werden. Diese Anschauung ist jetzt als völlig haltlos allgemein verlassen worden. Hingegen ist ein anderer Modus der Neubildung von Capillargefässen als völlig sichergestellt zu betrachten. Untersucht man die seitlichen, durchsichtigen Theile des Froschlarvenschwanzes entweder in ganz frischem Zustande, oder nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure, oder mit dünnen Lösungen von Chlorgold, oder auch nach Erfüllung der Blutgefässe mit durchsichtigen Injectionsmassen, so sieht man recht häufig an einzelnen der bereits ausgebildeten Capillarröhrchen fadenartige, mitunter verästigte Anhänge von Protoplasma, welche gewöhnlich einer conischen Verbreiterung der Capillarwand aufsitzen und an einer oder der anderen Stelle kleine Kerne erkennen lassen. Bei näherer Beobachtung zeigt es sich, dass diese Gebilde manchmal ganz solide Stränge darstellen, in vielen anderen Fällen aber eine mit dem Capillarlumen zusammenhängende Lichtung besitzen, welche sich eine kürzere oder längere Strecke weit verfolgen lässt. Nicht selten steht ein solcher Protoplasmafaden an beiden Enden mit einer Capillare in Verbindung. Man darf sich demgemäss die Bildung der Capillarröhrchen in der Weise vorstellen, dass aus der Wand eines bestehenden Röhrchens ein Protoplasmafortsatz hervorsprosst, welcher sich allmälig zu einer Röhre umformt, deren Lichtung mit der der Capillare in Zusammenhang steht. Erst wenn dies geschehen ist, differenziren sich unter Vermehrung der Kerne die einzelnen Abschnitte der Wandung zu selbständigen Zellen — den Endothelzellen.

Ranvier hat zwar dieses continuirliche Auswachsen der Capillaren durch Sprossenbildung für manche Fälle zugegeben, aber daneben noch eine discontinuirliche Neubildung von Capillargefässen angenommen. Er führt diese letztere auf selbständige, eigenartige Zellen zurück, welche er *vasoformative Zellen* nennt. Aus ihnen soll sich, unabhängig von den bestehenden Gefässen, zunächst ein solides „vasoformatives Netzwerk" bilden, welches sich erst später mit den ersteren in Verbindung setzen und in der angeführten Weise zu wirklichen Capillargefässen umwandeln soll. Nach den Beobachtungen *Sigm. Mayer's* liegen aber Anhaltspunkte vor, dass die vasoformativen Zellen *Ranvier's* nicht mit Neubildung, sondern im Gegentheile mit Rückbildung von Gefässen in Zusammenhang zu bringen sind. Damit würde sich das gelegentliche Vorkommen von farbigen Blutzellen im Innern dieser Gebilde allerdings besser vereinbaren lassen.

Vasa vasorum. Die Wandungen der mittelgrossen und grossen Blutgefässe schliessen zu ihrer eigenen Ernährung ein besonderes

Gefässsystem in sich, welches unter dem Namen Vasa vasorum bekannt ist. Dieselben entwickeln sich aus kleinen arteriellen Zweigen der benachbarten Gewebsformationen (in Organen, welche besondere ernährende Blutgefässe erhalten, wie Lunge, Leber, aus diesen), welche an die Gefässscheide herantreten und eine Strecke weit in ihr verlaufen. Sie verästigen sich daselbst und dringen mit ihren Endausläufern in die Adventitia ein, wo sie weitmaschige Netze formen und in Capillaren übergehen. In die mittlere Arterienhaut scheinen nur ausnahmsweise Abzweigungen dieser Capillaren einzudringen. Die Intima ist immer gefässlos. Die Venenwurzeln, welche sich aus den Capillaren der Gefässwand gesammelt haben, fliessen noch innerhalb der Adventitia zu kleinen Stämmchen zusammen, von denen je zwei ein arterielles Stämmchen begleiten, und ergiessen sich schliesslich in eine von den in der Nachbarschaft verlaufenden grösseren Venen.

Nerven der Blutgefässe. Alle Blutgefässe sind mit eigenen Nerven ausgestattet. An sämmtlichen Arterien und Venen, bis auf die kleineren Ramifikationen in den Organen herab, findet sich in der Adventitia ein Geflecht von markhaltigen Nervenfasern, aus welchem sich zahlreiche Fasern abzweigen, um in die mittlere Gefässhaut einzutreten. In dieser stellen sie ein Geflecht feiner und feinster markloser Fäserchen her, welche wohl alle zur Versorgung der Muskelelemente bestimmt sind. Durch neuere Untersuchungen *Bremer's* ist es ausser allen Zweifel gestellt, dass auch die kleinsten Uebergangsgefässchen und die Capillaren ihre eigenen Nerven besitzen. An den letzteren laufen, diesem Autor zu Folge, gewöhnlich zwei marklose Fäserchen entlang dem Capillarrohre, treten ab und zu in anastomotische Verbindung und enden mit knöpfchenförmigen Anschwellungen an der Aussenseite der Capillarwand.

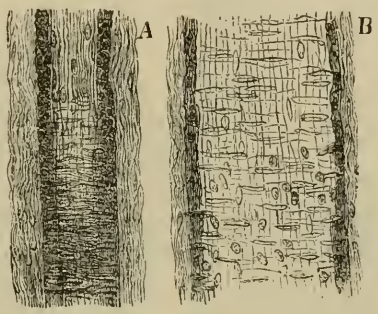
Es pflegt dem in mikroskopischen Untersuchungen minder Erfahrenen Schwierigkeiten zu bereiten, an gegebenen Objekten zu unterscheiden, ob eine Arterie oder Vene vorliegt, ob ein Gefäss als Capillare anzusprechen sei, kurz die verschiedenen Arten der Blutgefässe sicher zu erkennen. Es mögen desshalb hier in Kürze jene Anhaltspunkte zusammengestellt werden, welche in den allermeisten Fällen — brauchbare Präparate vorausgesetzt — eine gute Orientirung ermöglichen. Diese wird um so mehr erleichtert durch den Umstand, als an den abgestorbenen Körpertheilen, welche wir zur Untersuchung verwenden, die Arterien gewöhnlich stark contrahirt sind und nur wenig Blut enthalten, während die minder contractilen Venen in mehr weniger ausgedehntem Zustande verharren und in den meisten Fällen verhältnissmässig mehr Blut führen.

Ob man es mit dem Längs- oder Querschnitt eines Blutgefässes zu thun habe, immer ist zunächst die Dicke der Wandung im Verhältniss zu der Weite des Gefässlumens zu berücksichtigen. An etwas grösseren Arterien ist sie ganz

ausnahmslos viel bedeutender als an den Venen. Den vorwiegendsten Antheil der Gefässwand bildet bei den Arterien die *Media;* sie ist in der Längenansicht des Gefässes durch die dicht gestellten, quer geordneten Muskelfasern, deren Kerne zum mindesten deutlich sind, charakterisirt. (Wo die Gefässwandung im wirklichen oder optischen Längsschnitt vorliegt, erscheinen die circulär verlaufenden Muskelfasern und deren Kerne mit kreisförmigen oder elliptischen Contouren.)

Hat man also eine Arterie mit ihrer zugehörigen Vene vor sich, so wird man sofort an der bedeutend grösseren Anzahl der quergelagerten Muskelfasern die Arterie erkennen (Fig. 93), selbst dann, wenn, wie an kleinen Gefässen, der Dickenunterschied der Gesammtwandung im Verhältniss zu der Lichtung nicht klar genug in's Auge fällt. Auf dem Querschnitt zeigt sich die Media der Arterien als eine scharf begrenzte, compacte, concentrisch gestreifte Schichte, in welcher man vielleicht auch die Muskelfasern oder ihre Kerne erkennen wird. An Arterien mittleren Kalibers sieht man sie von einzelnen dünnen, elastischen Streifen durch-

Fig. 93.



Längen-Ansicht einer kleinen Arterie und Vene aus dem Pankreas des Hundes. (Carmin-Glycerin-Präparat.)

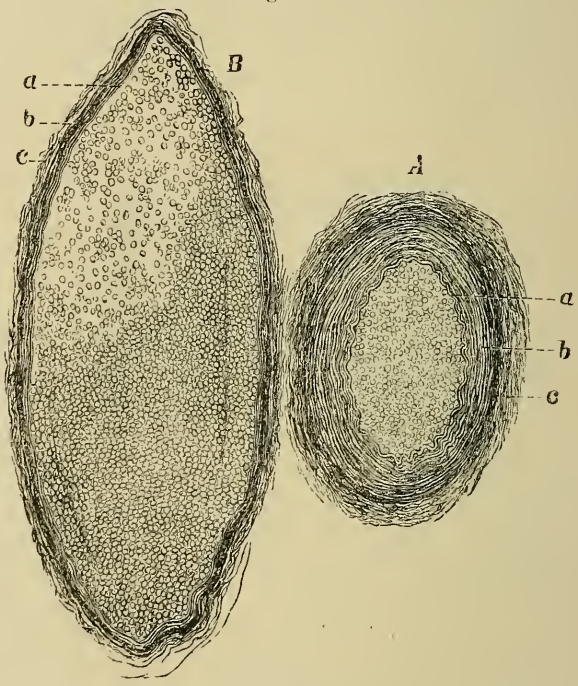
Der obere Theil der beiden Gefässe ist bei der Einstellung des Tubus auf die Axe derselben gezeichnet und zeigt sie daher im scheinbaren Längsdurchschnitt. Der untere Theil ist bei Einstellung des Tubus auf die Fläche der nach oben liegenden Gefässwand gezeichnet. (Hartnack. Syst. VII, Ocul. 2.)

zogen (Fig. 92 A.). An grossen Arterien gibt die reichliche Entwicklung und regelmässige Schichtung der elastischen Substanz sofort das erwünschte Kennzeichen ab (Fig. 91). Die Media der Venen unterscheidet sich, ausser durch ihre auffallend geringere Mächtigkeit noch dadurch, dass ihre concentrische Schichtung häufig von Bindegewebszügen oder von längslaufenden Muskelbündeln unterbrochen ist (Fig. 92 B.), die elastische Substanz aber stets auffallend zurücktritt.

Einen sehr brauchbaren Anhaltspunkt für die Orientirung an Gefässquerschnitten gibt ferner mitunter die Beschaffenheit der *Intima.* Nicht als ob für gewöhnlich auffallende Structurverschiedenheiten derselben an Arterien und Venen erkennbar wären, dies ist meist nur an ganz grossen Gefässen der Fall. An allen Arterien aber, mit Ausnahme der grossen Hauptstämme und der allerkleinsten Endästchen, ist die Intima in zahlreiche, der Länge nach gerichtete und steil erhobene Falten gelegt, wodurch der Innencontour der Gefässwand auf dem Querschnitt eine deutlich crenelirte Form gewinnt (Fig. 92 u. 94 A.). Eine derartige Faltung der Intima kommt zwar in geringem Maasse auch an den Venen mitunter vor, allein sie bewirkt nur einen leicht wellenförmigen Contour des Querschnittes. Der Grund dieser Erscheinung liegt in der beträchtlichen Contraction der mittleren Arterienhaut; je stärker diese ist, desto steiler erscheinen die Falten.

Auch eine andere Erscheinung ist in der Contraction der Media begründet, insoferne, als durch sie die Festigkeit der Gefässwandung erhöht wird. An gehärteten Präparaten findet man nemlich die Gesammtform der Arterie im Querschnitt stets kreisförmig oder nur wenig oval; die Venen hingegen zeigen sich theils ganz abgeplattet, theils elliptisch (Fig. 94) oder bisquitförmig, bald unregelmässig eingebuchtet u. s. w. In seltenen Fällen, und zwar nur dann, wenn sie ganz prall mit Blut erfüllt sind, oder wenn sie durch ihre Anheftung an verhältnissmässig starre, umgebende Gewebe am Zusammenfallen gehindert werden (Lebervenen), erscheinen sie mehr weniger kreisrund.

Fig. 94.



Querschnitt durch eine Arterie (A) und eine zugehörige Vene (B) des menschlichen Mesenterium nach Härtung in Chromsäure.
a. Intima, b. Media, c. Adventitia. (Hartnack, System VII, Ocul. 2.)

Die *Adventitia* gibt nur geringe Anhaltspunkte für die Unterscheidung von Venen und Arterien am gehärteten Präparate. Allerdings überwiegt sie an Dicke bei mittleren und grösseren Venen gegenüber den entsprechenden Arterien, sowohl absolut, als namentlich im Verhältniss zur Media. Allein abgesehen davon, dass die äussere Grenze der Adventitia gewöhnlich nicht scharf ausgeprägt ist, fällt der genannte Unterschied an kleinen Gefässen kaum in's Gewicht. Nur in den Fällen, wo bei Arterien die Entwicklung des elastischen Gewebes im inneren Antheil der Adventitia scharf ausgesprochen ist (Fig. 92 A.), oder aber, wo bei Venen die längslaufende Muskulatur deutlich erkennbar wird, liegen darin verlässliche Kriterien.

Es kann endlich nicht genug hervorgehoben werden, dass man bei Würdigung aller jetzt genannten Momente stets zweierlei im Auge behalten muss, wenn man sich vor Täuschung bewahren will: und zwar erstens die Oertlichkeit, aus welcher

das Präparat entnommen ist, weil darnach Verschiedenheiten im Bau der Gefässe gegeben sind, und zweitens den Füllungszustand der Gefässe, weil dadurch die Dickenverhältnisse ihrer Wandungen beeinflusst werden.

Als *Capillare* kann ein Blutgefäss dann mit Sicherheit angesprochen werden, wenn es entweder den Bestandtheil eines für die gegebene Körperregion charakteristisch gearteten Capillarsystems bildet, oder aber wenn man — gutes Präparat vorausgesetzt — sicherzustellen vermag, dass nur ein einfacher Wandcontour an demselben vorhanden ist.

Anhang.

Steissdrüse, Carotisdrüse.

Die *Steissdrüse* (*glandula coccygea*) besteht im Wesentlichen aus Convoluten grösserer und kleinerer Blutgefässe, welche durch ziemlich straffes Bindegewebe an einander gehalten werden. Die frühere Annahme, dass sie auch drüsige Elemente enthalte, hat sich als irrig erwiesen: sie war dadurch entstanden, dass man an Durchschnitten des gehärteten Objektes zahlreiche grössere und kleinere rundliche Hohlräume, theils einzeln, theils zu Gruppen vereinigt, daneben auch schlauchartige Bildungen antrifft, welche mitunter von einer undeutlich körnigen Masse erfüllt, häufig aber ganz leer erscheinen. Nachdem man aber gesehen hatte, dass durch Injection farbiger Massen von der Arteria sacralis media aus alle diese Hohlräume erfüllt werden können, hat man alsbald auch an den Wandungen derselben alle Bestandtheile von Gefässhäuten, quere Muskellagen, Endothelbelag u. s. w. nachzuweisen vermocht. Es zeigte sich, dass durch den Stiel der Drüse von der genannten Arterie her mehrere Zweige in das Innere des Knötchens eintreten, sich dort alsbald beträchtlich erweitern und einen vielfach gewundenen Verlauf annehmen. Von Strecke zu Strecke besitzen die Gefässwände auch blasenartige, halbkugelförmige Aussackungen. Aus diesen weiten Gefässen entspringen kleinere von dem Aussehen von Capillaren, welche unter mehrfachen Schlängelungen in die Anfänge der Venen übergehen. Diese sammeln sich, ebenfalls unter gewundenem Verlauf, zu mehreren Stämmchen, welche an der Seite der Arterien durch den Stiel der Drüse austreten. In dem Bindegewebe, welches zwischen den beschriebenen Gefässbildungen gelegen ist, sind auch feine Bündel markhaltiger Nervenfasern nachgewiesen worden.

Die *Carotisdrüse* (*glandula carotica*, auch *ganglion intercaroticum* genannt) ist als eine ganz analoge Bildung wie die Steissdrüse erkannt worden. Sie besteht dem Wesen nach ebenfalls aus Convoluten grösserer und kleinerer Gefässe, zeichnet sich aber vor jener durch einen beträchtlichen Reichthum an Nervenfasern und Ganglienzellen aus.

Die eigenthümlichen Formationen der Steissdrüse sowohl, als auch die der Carotidendrüse hat man als verkümmerte Reste embryonaler Gefässausbreitungen gedeutet (*Arnold*); jedenfalls werden beide Gebilde ganz mit Unrecht als Drüsen bezeichnet.

II. Das Lymphgefässsystem.

Die verschiedenen Abtheilungen des Lymphgefässsystemes zeigen eine grosse Mannigfaltigkeit in den Formverhältnissen, besonders wenn ihre Eigenthümlichkeiten in der ganzen Wirbelthierreihe zum Vergleiche herangezogen werden. Gewisse Abschnitte der Lymphbahn bestehen aus cylindrisch röhrenförmigen Kanälen mit ganz selbständigen Wandungen, für welche man im eigentlichen Sinne des Wortes den Namen *Lymphgefässe* gebrauchen kann. Sie lassen sich eintheilen in die *Lymphgefässstämme* und *-Stämmchen*, d. s. grössere und kleinere, dem freien Auge und der Präparation noch zugängliche Gefässe, und in die *Lymphcapillaren*, meist netzartig angeordnete, mikroskopisch kleine Röhrchen, deren Abzugswege eben in die Lymphgefässstämmchen einmünden.

Das Verhältniss dieser beiden Abtheilungen zu einander ist ganz analog dem der Blutgefässcapillaren zu den Venen, wobei jedoch der Umstand hervorzuheben ist, dass das Lymphcapillarsystem nur nach einer Seite hin mit grösseren Gefässen in Zusammenhang steht, nach der anderen Seite jedoch in sich geschlossen ist.

Andere Abschnitte der Lymphbahn weichen so sehr von dem morphologischen Charakter, mit welchem von den Anatomen gewöhnlich der Terminus „Gefäss" verknüpft wird, ab, dass man für sie ganz zweckmässig den Namen *Lymphraum — Lymphsinus* gebraucht. Es sind dies mehr oder weniger unregelmässig gestaltete Erweiterungen der Lymphbahn, welche ab und zu in den Lauf der wahren Lymphgefässe eingeschaltet sind, stellenweise sie auch vollständig ersetzen. Meistens stellen sie Aequivalente von Lymphgefässstämmen oder -Stämmchen, seltener von Lymphcapillaren dar. Erhalten solche Lymphräume eine besonders grosse Ausdehnung, so führen sie auch den Namen *Lymphcysternen* oder *Lymphsäcke*. Die Lymphräume besitzen zwar insoferne eine eigene Wandung, als sie von einer geschlossenen Endothelhaut unmittelbar umgrenzt werden; jedoch verliert diese Wandung in vielen Fällen dadurch an Selbständigkeit, dass sie nur als ein zarter, zelliger Belag anderartiger Körperbestandtheile auftritt, und somit in mechanischer Beziehung eigentlich die letzteren die Rolle der Wandung übernehmen, z. B. die äussere Haut für die subcutanen Lymphräume der

Batrachier, das Bauchfell für die sog. Cysterna lymphatica magna der Amphibien, das adenoide Gewebe für die Lymphräume der Lymphknoten der höheren Wirbelthiere u. s. f.

Eine Frage von höchst einschneidender Bedeutung, welche vielfach discutirt, aber noch immer nicht zu einem befriedigenden Abschluss gebracht worden ist, betrifft das Verhältniss der kleinsten peripheren Lymphgefässe zu den verschiedenen Geweben und insbesondere zu dem Bindegewebe. Es handelt sich in dieser Beziehung um die Entscheidung, ob es allerorts ein gegenüber den Geweben vollkommen abgeschlossenes Lymphcapillarnetz gibt, etwa wie das Blutcapillarsystem, oder ob die Spalten und Lücken der Gewebe, namentlich des Bindegewebes, in offener Communikation mit den Lymphgefässen stehen, somit auch noch den Lymphbahnen zuzuzählen sind.

Eine Eigenthümlichkeit des Lymphgefässsystems gegenüber dem Blutgefässsysteme besteht endlich darin, dass es an bestimmten Stellen des Körpers mit eigenartigen Parenchymen in innige Beziehung tritt, deren Hauptbestandtheil das adenoide Gewebe darstellt. Dieses ist zum Theil zu ganz selbständigen Organen gestaltet (Lymphknoten und Thymus), zum Theil aber in kleinen, minder scharf abgegrenzten Herden durch den Verdauungsapparat und auch in einzelnen anderen Körpergegenden vertheilt.

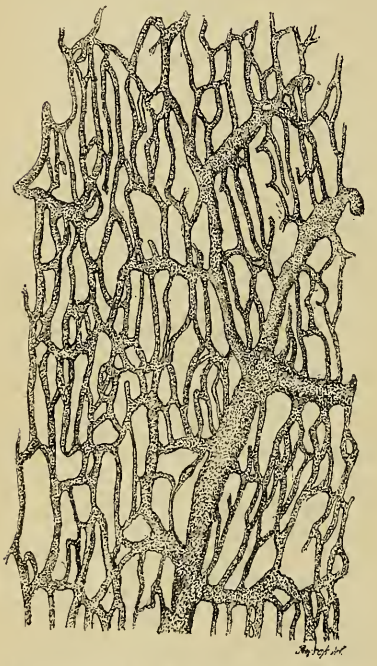
1) Die Lymphgefässe.

Der Beschreibung ihres feineren Baues müssen einige kurze Bemerkungen über Form, Verlauf und Anordnung vorausgeschickt werden.

Die *Lymphcapillaren* stellen in den verschiedensten Oertlichkeiten des Thierkörpers netzartig unter einander zusammenhängende, äusserst dünnwandige, mikroskopisch kleine Gefässchen dar, welche gewöhnlich nur in injicirtem Zustande unserer Beobachtung zugänglich sind. Trotz ihrer mannigfachen Aehnlichkeit mit den Blutcapillaren lassen sie sich doch bei einiger Uebung nicht schwer von diesen unterscheiden (Fig. 95). Lymphcapillaren zeigen selten eine regelmässig cylindrische Form, sondern sind häufig mit leichten Ausbuchtungen und Einschnürungen versehen. Fast constant beobachtet man eine auffallende Verbreiterung an ihren Theilungsstellen. Sie sind ferner durchgehends weiter oder wenigstens mehr erweiterungsfähig, als die Blutcapillaren, wobei die Röhrchen eines Capillarsystems ein ziemlich verschiedenes Kaliber besitzen können. An vielen Stellen bemerkt man auch in grösserer Anzahl blind endigende Röhrchen, welche sich dann gewöhnlich über das Niveau des Capillarnetzes erheben; sie sind als Analoga der Capillarschlingen der Blutgefässe zu betrachten. Die capillaren Lymphgefässnetze selbst sind in der Mehrzahl der Fälle gröber, als

die der Blutgefässe. Ihr Lageverhältniss zu den Blutgefässcapillaren gestaltet sich in der verschiedensten Weise: entweder die beiden Capillarformen laufen unter einander parallel (Hoden, Nickhaut des Frosches), oder sie durchflechten sich gegenseitig (Schwimmhaut des Frosches), oder endlich die beiderseitigen Ausbreitungen sind mehr weniger vollständig von einander getrennt (in manchen Schleimhäuten). In letzterem Falle liegt das Netz der Blutcapillaren häufig oberflächlicher, als das der Lymphcapillaren. Wie die Blutgefässcapillaren, sind auch sie zumeist in Bindegewebe eingelagert und berühren nur ausnahmsweise unmittelbar andersartige Gewebselemente. Netze von Lymphcapillaren sind insbesondere auch in verschiedenen Bindegewebs-Membranen nachgewiesen worden, z. B. im Periost (*Schwalbe*, *A. Budge*), im Perichondrium (*G.* und *F. Hoggan*), in den Fascien und Aponeurosen (*Ludwig* und *Schweigger-Seidel*) u. s. w.

Fig. 95.



Lymphgefäss-Capillaren aus der äusseren Muskulatur des Froschmagens. Injection mit opakem, gelbem Leim. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2.)

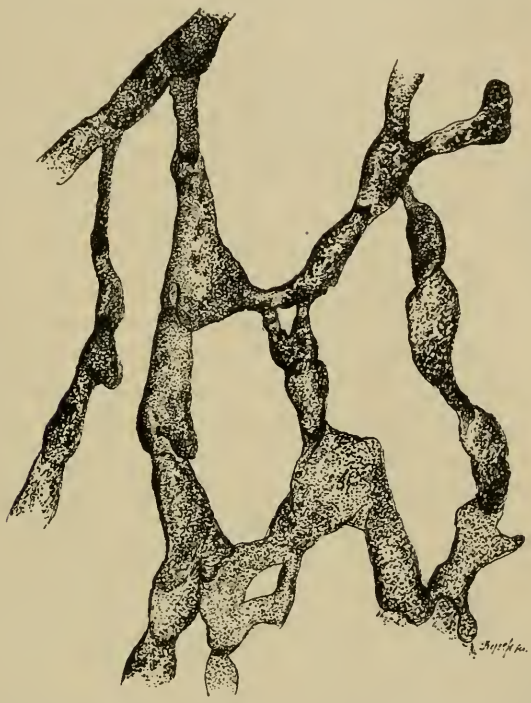
Die *nächsten Abzugskanälchen* der Lymphcapillarnetze erscheinen in Form von kurzen, meist bauchig gestalteten Röhrchen. Sie anastomosiren vielfach unter einander und treten an manchen Orten (z. B. Haut, Schleimhäute) zu einem förmlichen Netzwerk zusammen, welches sich durch seine Lage und durch die grössere Weite seiner Röhrchen und Maschen von dem Capillarnetze unterscheidet. Sie führen gewöhnlich schon zahlreiche, in kurzen Intervallen auf einander folgende Klappen (Fig. 96), welche, wie in den Venen, paarig einander gegenüber gestellt sind. Dadurch erlangen diese Gefässchen im ausgedehnten Zustande ein ganz charakteristisches Aussehen. Es befindet sich nemlich centralwärts von einem jeden Klappenpaare eine bauchige Erweiterung des Gefässes, welche an Stelle der Klappe selbst einer scharf ausgeprägten Einschnürung Platz macht. In dieser Weise gewinnt jedes zwischen zwei Klappenpaaren befindliche Gefässstück eine flaschenartige Form, den Boden der Flasche peripheriewärts gekehrt; das ganze Gefäss erscheint rosenkranzförmig.

Die aus diesen gröberen Netzen hervorgehenden *Lymphgefäss-*

stämmchen sind bereits von ansehnlicher Weite, stets mit reichlichen Klappen versehen und im injicirten Zustande dem freien Auge leicht wahrnehmbar. Auch sie gehen mehrfache Anastomosen unter einander ein, fliessen aber bald zu etwas stärkeren Stämmchen zusammen.

Diese Kategorie von Lymphgefässen schliesst sich gewöhnlich dem Laufe der Blutgefässe an und zwar so, dass innerhalb der Organe meist nur ein Lymphgefäss an der Seite einer Arterie liegt, ausserhalb

Fig. 96.



Klappenführende Lymphgefässe aus dem submucösen Lymphgefässnetz der Conjunctiva bulbi des Menschen. Injection mit Berlinerblau. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2.)

derselben aber die kleineren Arterienzweigchen immer von zwei Lymphgefässen begleitet sind, welche durch eine fortlaufende Kette von capillaren Anastomosen unter einander zusammenhängen (Fig. 97). Dadurch werden die arteriellen Stämmchen förmlich von einem Lymphgefässnetze umsponnen, welches, jedoch mit nur spärlichen Zweigchen, auch auf die begleitenden Venen übergreift. Aus ihnen sammeln sich die grösseren *Lymphgefässstämme*, deren Verlauf und Anordnung Gegenstand der systematischen Anatomie ist.

Die *histologischen* Verhältnisse anlangend, ist die Wandung der Lymphcapillaren einzig und allein aus einer einfachen Lage von Endothel-

zellen zusammengesetzt, welche sich von denen der Blutcapillaren im Allgemeinen durch grössere Breite, vorzüglich aber durch ihre unregelmässig ausgebuchteten Ränder unterscheiden. Sie sind nur an Objekten, welche mit Silbersalpeter injicirt sind, zu erkennen. Eine Adventitia capillaris fehlt ausnahmslos. Auch an den den Capillaren zunächst folgenden Lymphgefässchen ist häufig nur eine einfach contourirte, endotheliale Wand nachweisbar, nur selten kann man aus einem zweiten zarten Contour das Vorhandensein einer wahrscheinlich structurlosen umhüllenden Membran erschliessen. Im weiteren Verlaufe aber entwickelt sich eine deutliche fibrilläre Aussenschicht, in welcher zunächst nur einzelne, feine elastische Fäserchen und ab und zu auch quer- und schräggerichtete glatte Muskelfasern eingestreut sind. *Flemming* hat in der Wand solcher Gefässchen neben den Muskelfasern noch eigenthümliche verästigte Zellen nachgewiesen, welche sich mit ihren zarten, blassen Ausläufern netzartig verbinden und in ihrem Verlaufe sich vielfach den Muskelfasern anschliessen. Der genannte Autor ist geneigt, diese Zellen als Vorstufen von glatten Muskelfasern anzusehen. Eine deutliche Schichtung der Wand tritt erst an Lymphgefässen hervor, welche im ausgedehnten Zustande 0·8—1 Mm. Durchmesser besitzen.

Fig. 97.

Arterienzweig, von zwei Venen begleitet, mit einem umspinnenden Lymphgefässnetz; das letztere mit Berlinerblau injicirt. Aus dem subcutanen Bindegewebe des Menschen. (Hartn., Syst. I, Ocul. 2.) (17fache Vergrösserung.)

An diesen, sowie an allen grösseren Stämmen unterscheidet man, analog den Blutgefässen, drei Häute, von denen die *innerste* nebst dem Endothel noch feine elastische Fasernetze enthält. An der Innenhaut der Lymphgefässstämme der unteren Extremitäten finde ich beim Menschen stets eine — wenigstens im Bereiche des Oberschenkels — stark entwickelte quere Muskelschichte. Die *mittlere* Haut zeigt sich fast ausschliesslich aus einer mehrfachen Lage quergestellter glatter Muskelfasern zusammengesetzt; elastische Elemente sind nur sehr spärlich vertreten. An den grösseren Stämmchen der unteren Extremitäten findet sich zwischen Media und Intima eine dünne Bindegewebsschichte mit längsverlaufenden, zarten Fibrillen und einigen ebenfalls der Länge nach ziehenden glatten Muskelfasern. Die *Adventitia* besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit feineren und gröberen elastischen Fasernetzen, welche theils der Länge nach, theils in schräger Richtung geordnet sind. Fast alle nur etwas grösseren Lymphgefässstämmchen lassen in der Adventitia zerstreute,

parallel den Bindegewebszügen verlaufende Bündel von glatten Muskelfasern erkennen. An einzelnen Oertlichkeiten, z. B. an der Ohrmuschel der Ratte, hat *Dogiel* ein eigenthümliches Netz von Blutcapillaren nachgewiesen, welches die Wandung grösserer und kleinerer Lymphgefässe umspinnt.

Das Dickenverhältniss der einzelnen Wandschichten wechselt nach den verschiedenen Oertlichkeiten. Bei den Gefässen der Rumpfhöhlen und des Halses ist die Intima verhältnissmässig sehr dünn, Media und Adventitia ungefähr einander an Stärke gleich, oder die letztere überwiegend. An den unteren Extremitäten, wo die Muskelanlagerung eine beträchtliche Verdickung der Intima erzeugt, kann diese der Media fast gleichkommen. Der *Ductus thoracicus* besitzt ebenfalls eine verhältnissmässig starke Intima, jedoch scheinen ihr die Muskelfasern völlig zu fehlen. Hingegen gelangt die elastische Substanz in Form von engen Fasernetzen zu einer bedeutenden Entwicklung; auch jene streifigen Lagen, welche oben an der Innenhaut der grösseren Arterien beschrieben worden sind, kommen ganz in derselben Gestalt und Lage dem Ductus thoracicus zu. Die Muskelbündel seiner Adventitia überkreuzen sich mehrfach, in schräg zu der Längsaxe verlaufenden Richtungen.

2) Die Lymphsinus.

Sie sind oben als verschieden gestaltete, an gewissen Stellen vorkommende Erweiterungen der Lymphbahn definirt worden, deren Wandung durch eine continuirliche Endothellage gebildet wird. Ihre hauptsächlichsten und am weitesten verbreiteten Fundstätten bei Säugethieren und beim Menschen sind die Lymphknoten; ich verweise mit Bezug darauf auf die weiter unten folgende Beschreibung der letzteren. Auch an einigen anderen Oertlichkeiten kommen sie vor, jedoch erreichen sie nicht annähernd jene Ausdehnung, wie bei den niederen Wirbelthierklassen, sondern sind meist nur der mikroskopischen Beobachtung zugänglich; auch wechseln die Verhältnisse sehr bei den verschiedenen Ordnungen, ja selbst Species der Säugethiere. In vielen Fällen sind auch die Anschauungen der verschiedenen Forscher keineswegs übereinstimmend. Sicher constatirt ist das Vorkommen von sinusartigen Lymphräumen an den lymphoiden Follikeln des Darmes bei dem Kaninchen. Es stellen diese, wie an dem betreffenden Orte näher ausgeführt werden soll, kugelförmig gestaltete Massen von adenoidem Gewebe dar, welche stellenweise in die Wand des Darmes eingeschaltet sind. Diese Follikel werden mit dem grössten Theile ihrer Peripherie von einem Lymphraume umschlossen, so dass nur ein kleines, der inneren Fläche des Darmes zugewendetes Segment derselben frei bleibt. Der Lymphraum besitzt daher die Form einer Kugelschale, welche dem Follikel aufgesetzt ist. Die durch eine einschichtige Endothellage gebildete Wand des Lymphraumes zerfällt in einen Theil, welcher der Oberfläche des Follikels anhaftet, und in einen anderen, welcher an

dem umliegenden Bindegewebe befestigt ist, so dass man sich das Verhältniss ungefähr in der Weise vorstellen kann, als wäre durch den Follikel ein blasenförmiger Lymphraum von einer Seite her eingestülpt worden. Es muss aber sogleich bemerkt werden, dass bei vielen anderen Thieren derartige Sinus um die Darmfollikel nicht vorkommen, und dass namentlich beim Menschen an Stelle derselben ein umspinnendes Netz von Lymphcapillaren tritt.

Hier ist auch der Ort, von den sogenannten *perivasculären Räumen* zu sprechen. Man versteht darunter Lymphräume, welche scheidenartig grössere oder kleinere Blutgefässe umgeben. In typischer Form finden sich solche in dem Mesenterium des Frosches. In demselben sind alle stärkeren Aeste und Zweige der Arteria und Vena mesenterica in ihrem ganzen Verlaufe von Lymphräumen umschlossen, welche sich sämmtlich in die grosse Lymphcysterne an der hinteren Bauchwand ergiessen. Die Wandung dieser Lymphräume besteht aus einer einschichtigen Endothellage, welche einerseits die periphere Oberfläche der Blutgefässe überkleidet, andererseits dem umgebenden Bindegewebe des Mesenteriums aufgelagert ist. Ab und zu werden diese Lymphräume von bindegewebigen Balken durchzogen, welche von der Adventitia des Blutgefässes zur peripheren Wand des Lymphraumes hingespannt sind. An anderen Stellen finden sich beim Frosche ähnliche Invaginationen kleinerer Blutgefässe nicht vor. Wenn dies früher auch mehrfach vermuthet wurde, so haben die diesbezüglichen Untersuchungen *C. Langer's* den entschiedensten Gegenbeweis geliefert.

Hinsichtlich der Säugethiere und des Menschen ist das Vorkommen von perivasculären Lymphräumen von vielen Seiten beschrieben und behauptet worden, unter Anderen: durch *Mac Gillavry* für die radiären Capillaren der Leber, durch *His* für die Gefässe des centralen Nervensystems und der Retina, durch *W. Müller* für die Milz, und durch *Schwalbe* und durch *A. Budge* für die Blutgefässe der *Havers'schen* Kanälchen der Knochen. An allen diesen Orten können in der That perivasculäre Räume dargestellt werden, wenn man mit Hülfe des sogenannten „Einstichverfahrens" Injectionsmasse in die Gewebe eintreibt. Allein es liegt das Bedenken nahe, dass durch diese Methode die Spalten des Bindegewebes ausgedehnt, der lockere Zusammenhang der Gewebselemente mit der Gefäss-Adventitia gelöst wird und so künstlich Räume zur Darstellung gelangen, welche im Leben nicht, oder zum mindesten nicht in dieser Form existiren. Dieses Bedenken wird dadurch nicht beseitigt, dass man mitunter gleichzeitig benachbarte wahre Lymphgefässe mit der Injectionsflüssigkeit erfüllt findet; denn man ist nicht im Stande, die Wege nachzuweisen, auf welchen dieselbe in dem gegebenen Falle in die Lymphgefässe eingedrungen ist, und

es ist insbesondere nicht möglich, den direkten Zusammenhang der letzteren mit den perivasculären Räumen sichtbar zu machen.

Von einigen Autoren wird auch angeführt, dass sie in diesen perivasculären Räumen eine endotheliale Auskleidung nachweisen konnten. Nach meinen ziemlich zahlreichen Erfahrungen kann man bei Benützung des Silberleimes als Injectionsmasse wohl mitunter, z. B. an den Gefässen der Grosshirnrinde, an beschränkten Stellen der perivasculären Räume eine Silberzeichnung wahrnehmen; allein niemals habe ich sie so typisch und so regelmässig, und auf längere Strecken hin gesehen, wie man sie an unzweifelhaften Lymphräumen

Fig. 98.

a. Endoth l der grossen Lymphcysterne des Frosches nach Behandlung mit salpetersaurem Silberoxyd und Färbung mit Alaun-Carmin.
b. Peritoneal-Epithel an der vorderen Wand der grossen Lymphcysterne des Frosches mit einem Stoma. Dieselbe Behandlung. (Hartnack. Syst. VIII, Ocul. 3.)

(z. B. am Mesenterium des Frosches) jederzeit ohne die geringste Schwierigkeit finden kann. Da ich die Silberzeichnungen nur dann für verlässlich und beweiskräftig ansehen kann, wenn sie rein und in typischer Gestalt hervortreten, so vermag ich den erwähnten Befunden kein entscheidendes Gewicht beizulegen. Aus den entwickelten Gründen halte ich es nicht für hinreichend erwiesen, dass die bei Säugethieren und beim Menschen in der angegebenen Weise dargestellten perivasculären Räume während des Lebens in dieser Form als Bestandtheile des Lymphgefässsystems bestehen.

Von Wichtigkeit ist die Thatsache, dass ein offener Zusammenhang zwischen dem Lymphgefässsystem und den grossen *serösen Körperhöhlen* besteht. Dieses Verhältniss lässt sich am besten beim Frosch,

an dem Theile des Bauchfelles, welcher als eine zarte Membran die Cysterna magna von der Bauchhöhle abgrenzt, constatiren (*Schweigger-Seidel* und *Dogiel*). Nach Behandlung desselben mit Silbersalpeter (am besten Einspritzen von Silberleim in die Cysterne) erkennt man deutlich die differente Form der Zellen an den beiden Oberflächen dieser Membran und ausserdem zahlreiche, feine, 11—35 μ im Durchmesser haltende, runde oder ovale Lücken (Stomata), welche in derselben zerstreut vorkommen (Fig. 98). Häufig sind diese Lücken gegen die Lymphcysterne zu etwas weiter als gegen die Bauchhöhle, so dass sie gewissermassen kurze Trichter darstellen, durch welche hindurch die beiderlei Endothelformen in Zusammenhang treten. Durch eine eigenthümliche Anordnung der dem Lymphsack angehörigen Endothelzellen in der nächsten Umgebung der Stomata, und namentlich dadurch, dass die Kerne der ersteren sich dicht um den Rand der letzteren gruppiren, wird man auch dann auf die Stellen, wo sich derartige Oeffnungen befinden, aufmerksam gemacht, wenn diese durch Aneinanderlagerung ihrer Ränder oder durch eingekeilte lymphoide Zellen und dergl. verschlossen sind.

An Säugethieren hat in ähnlicher Weise *Dybkowsky* für die Pleurahöhle und *v. Recklinghausen*, sowie *Ludwig* und *Schweigger-Seidel* für den Bauchraum einen direkten Zusammenhang mit dem Lymphgefässsysteme festgestellt. Mit Bezug auf die erstere ist interessant, zu erfahren, dass die als feine Spalten zwischen den Epithelzellen gelegenen Stomata nur in dem parietalen Theile der Pleura, und da nur entsprechend den Intercostalräumen, nie über den Rippen sich finden. Die Stelle, wo der Bauchraum bei Säugethieren mit dem Lymphgefässsystem communcirt, ist der sehnige Theil des Zwerchfells. Derselbe ist aus derben, sehnigen Bindegewebssträngen geformt, welche kanalartige Räume zwischen sich fassen, deren Auskleidung von den für die Lymphbahnen charakteristischen Endothelzellen gebildet wird. Ueber diese Kanäle ist das Peritoneum frei hinweggespannt und zeigt hier nicht nur eine viel lockerere Fügung seiner Bindegewebsbündel, sondern auch eine eigenthümliche Beschaffenheit seiner Epithellage. Die Zellen der letzteren sind nemlich auffallend kleiner als an allen anderen Stellen des Bauchfells und lassen zwischen sich feine Oeffnungen erkennen, welche in die unterliegenden Räume führen. Es ist hervorzuheben, dass man sowohl an der eben beschriebenen Stelle der Bauchwand, als auch an der Pleura ganz leicht eine schöne Füllung der Lymphgefässe erhält, wenn man einen gelösten oder feinkörnig vertheilten Farbstoff in die entsprechenden Höhlen einführt und durch öfteres Aufblasen der Lunge für eine leichte Bewegung der Theile Sorge trägt. Hat man eine Silberlösung zu diesem Verfahren benützt, so kann man

ganz wohl das Epithel der serösen Haut mit dem Endothel der darunterliegenden Lymphräume in Berührung treten sehen.

Tourneux und *Herrmann* haben versucht, alle die erwähnten Communikationen des Lymphgefässsystems mit den serösen Räumen in Abrede zu stellen. Mir scheint es indessen nicht zulässig, die beschriebenen Befunde, welche bei geeigneter Präparation an Klarheit nichts zu wünschen übrig lassen, in einem anderen Sinne zu deuten.

3) Das Verhältniss der kleinsten Lymphgefässe zu den sie umgebenden Geweben.

Die Herkunft der Lymphflüssigkeit darf man sich in folgender Weise vorstellen: Von dem in den Capillaren und überhaupt in den kleinsten Blutgefässen kreisenden Blute verlässt ein Theil des Wassers sammt verschiedenen darin gelösten, festen Bestandtheilen auf dem Wege der Filtration und Exosmose die Blutbahn. Diese mit dem Namen des *Parenchymsaftes* (Gewebssaftes) bezeichnete Flüssigkeit wird von jenen theils ausserordentlich feinen, theils aber gröberen Lücken und Spalten beherbergt, welche die geformten Elementartheile der Gewebe zwischen sich übrig lassen. Da die Ausdehnung und die Gestaltung derselben zumeist von der Menge des eben vorhandenen Gewebssafts abhängig sind, unterliegen sie innerhalb gewisser Grenzen einem steten Wechsel. Von den Gewebssäften gelangt nun eine gewisse, nach dem bestehenden Funktionszustande des Gewebes variirende Menge ihrer Bestandtheile in das Innere der umliegenden geformten Elementartheile, um dort dem Stoffwechsel zu dienen, während umgekehrt eine gewisse Menge von Stoffen aus diesen wieder an die Parenchymsäfte abgegeben wird. Andererseits aber bilden die Gewebssäfte die Quellen der Lymphflüssigkeit.

Nun stellt sich die ebenso wichtige als schwierige Frage in den Weg, in welcher Weise denn die Parenchymsäfte in das Innere der Lymphgefässe gelangen. Dafür sind zwei von einander grundverschiedene Modalitäten denkbar. Es können erstens die Wandungen der besprochenen Gewebsspalten unmittelbar in die Wandungen der feinsten Lymphgefässe übergehen, und der Gewebssaft findet dann die Möglichkeit, so wie er ist, aus den Gewebsspalten in die Lymphgefässe zu übertreten; in diesem Falle ist für die einzelnen Gewebsbezirke der Gewebssaft identisch mit der Lymphe. Die Anhänger dieser Lehre drücken dies damit aus, dass sie sagen, *die Lymphgefässe hätten offene Wurzeln, oder die Gewebsspalten, beziehungsweise die Saftkanälchen seien die Wurzeln der Lymphgefässe.*

Zweitens aber kann man die Ansicht vertreten, die feinsten Lymph-

gefässe (die Capillaren) ständen in demselben morphologischen Verhältniss zu den Gewebsspalten, wie die Capillaren der Blutgefässe, d. h. *die Lymphcapillaren seien von den Gewebsspalten allenthalben durch eine eigene Wandung abgeschlossen.* In diesem Falle könnte der Parenchymsaft nur auf dem Wege der Endosmose in das Innere der Lymphgefässe gelangen, die Lymphflüssigkeit wäre daher nicht identisch mit dem Parenchymsaft, sondern ein Transsudat des letzteren.

Es lässt sich nicht leugnen, dass dermalen die Mehrzahl der Histologen entweder mit grosser Energie die erstere Ansicht als die allein richtige verficht oder mindestens ihr mehr oder weniger zuneigt. Dennoch kann ich nicht umhin, auszusprechen, dass von jenen Thatsachen, welche zur Entscheidung dieser Frage bis nun vorliegen, die am wenigsten anfechtbaren der zweiten Ansicht entschieden das Wort sprechen, und dass andererseits nichts Thatsächliches vorliegt, was im Stande wäre, dieselbe vollständig zu widerlegen. Die endgültige Verständigung wird indessen wohl noch lange auf sich warten lassen. Es mögen nun die wichtigsten von den hierher gehörigen Beobachtungen angeführt werden.

Es wurde betreffenden Ortes bereits hervorgehoben, dass die Ramifikation der Blutgefässe stets innerhalb einer bindegewebigen Umgebung erfolge, und dass das interstitielle Bindegewebe der Organe stets auch den Träger für die Blutcapillaren abgebe, ebenso wie andererseits auch die Lymphcapillaren durchgehends im Bindegewebe eingelagert sind. Daraus geht hervor, dass gerade die in dem fibrillären Bindegewebe enthaltenen Gewebslücken (vergl. S. 113) jene Stätten sein müssen, aus welchen vorzüglich die Aufnahme der Lymphe in die Lymphcapillaren erfolgt. In der That hatten *Ludwig* und *Tomsa,* sowie *Brücke*, gestützt auf die Ergebnisse von Injectionen, die Anschauung vertreten, dass die zwischen den geformten Baumitteln des Bindegewebes übrig bleibenden spaltenartigen, unregelmässigen Räume die offenen Wurzeln der Lymphgefässe darstellten. Bald aber erhielt diese Lehre eine bedeutende Modifikation durch die umfassenden Untersuchungen *v. Recklinghausen's.* Nachdem dieser Forscher in der Behandlung thierischer Gewebe mit schwachen Lösungen von Silbersalpeter die beste Methode zur Erforschung feinster Lückenbildungen in denselben gefunden zu haben glaubte, ging er zunächst damit zur Entscheidung der uns beschäftigenden Frage vor. Legt man nemlich bindegewebige Membranen in Lösungen von salpetersaurem Silberoxyd (ungefähr 0·5—0·2%) auf so lange Zeit, bis sie deutlich eine weisse Färbung erkennen lassen, und wäscht sie dann mit Wasser aus, so erhält man, nachdem das Präparat eine Zeit lang dem Lichte ausgesetzt war, eine braune Färbung desselben. Die Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen lehrt nun, dass das Ver-

halten des reducirten Silbers zu den Gewebsbestandtheilen ein verschiedenes sein kann. Einmal bemerkt man eine gleichartige, braune Färbung der Grundsubstanz des Bindegewebes, während die Lücken zwischen derselben sich als vollkommen farblose, verschieden gestaltete Figuren sehr scharf hervorheben. Ein anderes Mal aber bleiben die geformten leimgebenden Theile des Bindegewebes fast ganz farblos, und es hat sich in den Lücken zwischen denselben, sowie auch in den Bindegewebszellen ein körniger, schwarzer Niederschlag gebildet. In noch anderen Fällen erhält man eine gleichmässig diffuse, braune Färbung des ganzen Präparates mit regellos eingestreuten, schwarzen Körnchen.

Es muss noch hinzugefügt werden, dass man an verschiedenen Stellen eines und desselben Präparates, selbst bei vorsichtigster Behandlung, gewöhnlich alle drei genannten Silbereinwirkungen beobachten kann, und dass man es überhaupt nicht in seiner Gewalt hat, etwa durch besondere Modifikationen der Imprägnation stets die eine oder die andere Wirkung zu erzielen.

Fig. 99.

Saftkanälchen und Saftlücken aus der Hornhaut des Hundes, durch Injection mit Berlinerblau dargestellt. (Hartnack, Syst. VII. Ocul. 2.)

Die am meisten constanten Silberwirkungen erhält man, wenn man die frische Hornhaut des Auges zu der Imprägnation benützt, und so ist denn auch diese zu einem vielbesprochenen Untersuchungsobjekt für die uns beschäftigende Frage geworden. Es zeigt sich hier, besonders wenn man den Bulbus in toto in die Silberlösung gebracht hat (was namentlich mit dem Froschauge gut möglich ist), und erst nach geschehener Imprägnation die Hornhaut ausschneidet, ziemlich regelmässig die vorhin erst genannte Silberwirkung. Man findet nemlich bei Untersuchung der Hornhaut oder einzelner ihrer Lamellen von der Fläche her ein zierliches helles Netzwerk von der braungefärbten Grundsubstanz scharf abgehoben, an welchem man breitere, oblonge Felder und von diesen ausstrahlende feinere und gröbere, gerade oder zackige, weisse Linien unterscheiden kann, welche sich vielfach unter einander und mit den breiteren Feldern verbinden (Fig. 99, auch Fig. 170). Diese hellen Figuren sind zuerst durch *v. Recklinghausen* als ein von vornherein bestehendes, jedoch eigener Wandungen entbehrendes Lückensystem gedeutet worden, welches in der die einzelnen

Bindegewebsbündel verknüpfenden, homogenen Zwischensubstanz der Hornhaut ausgegraben ist. Die breiteren oblongen Felder hat er mit dem Namen der *Saftlücken*, die sie verbindenden feinen verästigten Linien als *Saftkanälchen* bezeichnet. (Nebenbei sei hier bemerkt, dass die Saftlücken die Lagerungsstätten der Hornhautzellen sind.) In ähnlicher Weise, aber selten so klar und vollkommen, lassen sich die Saftkanälchen in anderen bindegewebigen Bildungen nachweisen.

Dieses Kanalsystem unterscheidet sich also von den *Ludwig'schen* Gewebsspalten durch eine bestimmtere Gestalt und Begrenzung, welche nicht durch die geformten Baumittel des Bindegewebes, sondern durch die formlose Zwischensubstanz desselben gegeben ist. Trotz mancher gegen die Entdeckung *v. Recklinghausen's* erhobener Einwürfe kann es jetzt als ausgemacht gelten, dass die Saftkanälchen und Saftlücken wirklich im Leben vorhandenen Räumen des Bindegewebes entsprechen, welche als Behälter des Parenchymsaftes dienen. Ob hierher auch jene spaltenartigen Räume zu rechnen sind, welche sich zwischen den Bindegewebsbündeln der Dura mater hinziehen und durch Einstichinjectionen gefüllt werden können, ist nicht leicht zu entscheiden. Sie scheinen mehr den Charakter der *Ludwig'schen* Gewebsspalten zu besitzen.

v. Recklinghausen und nach ihm eine grosse Anzahl von bewährten Forschern nehmen nun an, dass *diese Saftkanälchen und -Lücken die Wurzeln der Lymphgefässe darstellen* und mit ihnen in allseitigem offenen Zusammenhange stehen. Dies wird vornehmlich aus Injectionsversuchen erschlossen, bei denen es sich herausstellte, dass die Injectionsmasse in der That einen Weg aus den Saftkanälchen in die Lymphgefässe und umgekehrt aus den letzteren in die ersteren zu finden vermag, dass also durch die künstliche Injection die unmittelbare Continuität beider Kanalsysteme hergestellt werden kann. Dem gegenüber steht aber die Thatsache fest, dass man fast allerorts im Körper der verschiedenen Wirbelthiere durch zweckmässig und vorsichtig geleitete Injection ein geschlossenes System von Lymphcapillaren darstellen kann, ohne dass eine Spur von Injectionsmasse in die Saftlücken gelangen müsste; das letztere tritt erst dann ein, wenn der Injectionsdruck über ein gewisses Maass gesteigert wird. Ebenso steht es fest, dass bei direkter Erfüllung der Saftlücken durch einfachen Einstich der Injectionskanüle in das Gewebe selbst die Injectionsmasse fast ebenso oft ihren Ausweg durch die Blutgefässe, als wie durch die Lymphgefässe sich bahnt. Ob man sich nun dafür entscheidet, dass der Uebertritt der Injectionsmasse aus den Lymphgefässen in die Saftlücken und umgekehrt beweisend sei für den *präformirten* Zusammenhang beider, oder ob man diesen nur als durch die Injection *künstlich* hergestellt

erachtet, hängt wesentlich davon ab, bis zu welchem Grade man seinen Injectionsresultaten Vertrauen entgegenbringt. Wer durch langjährige und vielseitige Uebung in diesem Zweige der anatomischen Technik gelernt hat, mit vorsichtiger Kritik die Ergebnisse seiner Arbeit zu prüfen, wer mit eigenem Auge gesehen hat, dass in der That keine Gefässhaut für unsere sogen. colloiden Injectionsmassen (Leim, Berlinerblau), ja selbst für fettige und Harzmassen undurchdringlich ist, dass unter gewissen Umständen die Injectionsmasse, ohne nachweisbare Zerreissungen der Gewebe, selbst durch grosse Lymphgefässstämme diffundiren und so zu sagen überall hin ihren Weg finden kann, der wird es begreiflich finden, dass man der einfachen Thatsache des Uebertrittes der Injectionsmasse aus den Lymphgefässen in die Saftkanäle keine unmittelbare Beweiskraft zur Entscheidung unserer Frage beilegen dürfe. Ganz dasselbe gilt auch bezüglich des Verhältnisses der *Ludwig'schen* Gewebsspalten zu dem Lymphgefässsystem.

Nicht genug verwahren kann man sich gegen die in neuerer Zeit mehrfach beliebte Methode, ohne Berücksichtigung aller entgegenstehenden Thatsachen und ohne anderweitige Beweisführung überall dort in den verschiedensten Geweben „Lymphräume" oder „Lymphgefässwurzeln" zu erblicken, wohin man mit grösserer oder geringerer Gewaltanwendung eine Injectionsmasse zu treiben im Stande war.

Einen anderen Beweisgrund für die offene Ausmündung der Saftkanälchen in die feineren Lymphgefässe hat *v. Recklinghausen* den vorhin besprochenen Silberbildern entnommen. In der That gewinnt es in einzelnen Fällen, und namentlich an dem Centrum tendineum des Zwerchfells, den Anschein, als ob ein solcher Zusammenhang vorhanden wäre. Niemand wird aber bestreiten, dass man immerhin eine Anzahl von Silberpräparaten anfertigen und durchmustern muss, bis man einmal einem derartigen Bilde begegnet. Man könnte sich nun nichtsdestoweniger und trotz unseres mangelhaften Einblickes in die Wirkung des Silpersalpeters auf die Gewebe damit zufriedenstellen; aber keineswegs hat man die Berechtigung gewonnen, auf diese Erfahrungen hin, welche an einzelnen beschränkten und durch eigenartige Bauverhältnisse ausgezeichneten Oertlichkeiten gemacht worden sind, einen ganz allgemein gültigen Lehrsatz zu formuliren. Dies ist um so weniger gestattet, als in Bezug auf andere Körperstellen ganz klare Thatsachen vorliegen, welche entschieden für das Gegentheil sprechen. Solche sind uns namentlich durch *Teichmann's* und *Langer's* Arbeiten in hinreichender Zahl bekannt geworden. Diese Forscher, und nach ihnen viele andere, haben in den verschiedensten Geweben und Organen geschlossene Netze von Lymphcapillaren dargestellt, welche durch ihre typische Anordnung und Lage streng charakterisirt sind und keineswegs einen Zusammenhang mit dem Saftkanalsystem zeigen. Durch zahlreiche Injectionsversuche,

welche ich selbst nach den Methoden der genannten Forscher vorgenommen habe, sowie durch die genaue Bekanntschaft mit den *Langer'schen* Präparaten bin ich zur vollen Ueberzeugung gelangt, *dass an allen Orten, wo es bisher gelungen ist, typische Netze von Lymphgefässcapillaren rein darzustellen, diese als die ersten Anfänge der Lymphgefässe betrachtet werden müssen, und dass die Lymphcapillaren in derselben Weise, wie die Blutcapillaren, gegen das Saftkanalsystem allseitig abgeschlossen sind.*

4) Das adenoide Gewebe und seine Formationen.

Es sind bereits an einer anderen Stelle die Formelemente besprochen worden, welche sich an der Zusammensetzung des adenoiden*) Gewebes (*His*) betheiligen: einerseits *strahlig verzweigte Bindesubstanzzellen,* welche durch gegenseitige Vereinigung ihrer Ausläufer ein zusammenhängendes, zartes Netzwerk — *Reticulum* — herstellen (siehe Seite 123), und andererseits *lymphoide Zellen*, welche ihrer Natur nach ganz mit den Lymphzellen, farblosen Blutzellen u. s. w. übereinstimmen. Beiderlei Formelemente sind so ineinandergefügt, dass die lymphoiden Zellen die Maschenräume des Reticulum einnehmen und mit ihnen durch eine formlose, halbflüssige, eiweisshaltige Zwischensubstanz verkittet sind.

Die lymphoiden Zellen bilden der Masse nach den hervorragenderen Theil des adenoiden Gewebes, so dass man an Durchschnitten gehärteter Objekte, sowie bei der Untersuchung der frischen Substanz, vorwiegend nur diese zur Ansicht erhält und es den Anschein gewinnt, als ob das ganze Gewebe nur aus ihnen zusammengesetzt wäre. Durch Schütteln von Durchschnitten des erhärteten Gewebes, oder auch, wenngleich minder vollständig, durch vorsichtiges Bepinseln desselben, kann man, wie bereits beschrieben worden ist, das Reticulum klar zur Ansicht bringen.

In dieser reinen Form kommt das adenoide Gewebe vor: in den Lymphknoten, in der Thymus, sowie in den verwandten Organen der niederen Wirbelthiere; ferner in den Tonsillen, in den Zungenbälgen, an gewissen Stellen des Rachens, des Darmes, der Conjunctiva, der Harnblase, des Kehlkopfes u. s. w., endlich in der Milz. Dabei kann es in den verschiedensten Gestaltungen erscheinen.

Sehr häufig sind aus dem adenoiden Gewebe scharf umgrenzte Gewebsmassen geformt, welche entweder eine regelmässige Kugelgestalt

*) ἀδενοειδής, drüsenartig, von ὁ ἀδήν, die Drüse; und zwar wurden bei den Griechen hauptsächlich die Mandel und die Lymphknoten (im geschwollenen Zustande) darunter verstanden.

zeigen, oder auch ellipsoidisch, eiförmig oder birnförmig sein können. Sie werden von dem freien Auge leicht wahrgenommen, da sie in der Regel 0·5—1·5 Mm. im Durchmesser besitzen. Für sie ist ganz allgemein der Name *Lymphfollikel**) gebräuchlich, obwohl sie an einzelnen Organen auch noch andere Bezeichnungen führen: so heissen sie in der Milz *Malpighi'sche Körperchen*, in den Lymphknoten auch *Alveolen* u. s. w.

An Durchschnitten gehärteter Objekte bemerkt man sehr häufig, besonders bei gewissen Thieren, dass die centralen Parthieen der Lymphfollikel ein etwas helleres Aussehen zeigen als die peripheren. Es kommt dies hauptsächlich davon her, dass in dem ersteren Theile des Follikels das Reticulum zarter und weitmaschiger, die lymphoiden Zellen geringer an Zahl, hingegen die ungeformte Zwischensubstanz verhältnissmässig reichlicher vertreten ist. Man begegnet den Lymphfollikeln in wechselnder Zahl und Grösse in allen oben genannten Fundstätten des adenoiden Gewebes, und diese häufige Gestaltung desselben zu kugeligen Gebilden hat auch *Henle* Veranlassung gegeben, dafür die Bezeichnung „conglobirte Substanz" vorzuschlagen.

In anderen Fällen ordnet sich das adenoide Gewebe zu scharf begrenzten, cylindrischen Strängen von 50—180 μ Querdurchmesser, welche sich in kurzen Intervallen verästigen und netzartig unter einander verbinden; so in einem gewissen Bezirke der Lymphknoten und der Milz. In noch anderen Fällen zeigt es sich als eine ganz diffuse Masse ohne reguläre Form, entweder von dem umliegenden fibrillären Bindegewebe deutlich abgegrenzt, oder ganz unmerklich in dasselbe übergehend, z. B. in den Tonsillen, häufig auch im Darme u. s. w.

Das adenoide Gewebe besitzt eigene *Blutgefässe*, deren Charakter und Anordnung je nach den verschiedenen Formationen wechseln. An den Follikeln findet sich stets ein oberflächliches, die ganze Peripherie derselben umstrickendes Capillarsystem mit polygonalen Maschen, von welchem aus Abzweigungen in radiärer Richtung in das Innere des Follikels eindringen. Diese radiären Capillaren erreichen gewöhnlich nicht ganz das Centrum, sondern biegen noch vorher in steilen Schlingen um, um sich wieder in die umspinnenden Capillaren zu ergiessen, oder sie fliessen mit anderen benachbarten zusammen. So kommt es, dass häufig im Centrum des Follikels eine gefässfreie Stelle sich befindet.

---

*) Da das lateinische *Folliculus* einen Balg, eine Schale (etwa von Früchten) bedeutet, so ist es eigentlich ganz unpassend, die Bezeichnung Follikel für einen soliden Gewebskörper anzuwenden; sie stammt aus früherer Zeit, als man unsere adenoiden Kugeln für hohle, den eigentlichen Drüsen zugehörende Bildungen ansah, und ihnen eine secretorische Bedeutung zuschrieb. Daher kommt es auch, dass man noch immer, wenngleich vollkommen systemwidrig, für verschiedene Formationen des adenoiden Gewebes den Namen „*Drüsen*" gebraucht.

ein Verhalten, welches aber keineswegs typisch ist, da man fast ebenso oft ein oder das andere Capillarröhrchen gerade die centralen Parthieen passiren sieht. In den strangartigen Formationen des adenoiden Gewebes findet sich entweder ein einfaches oder doppeltes, axial verlaufendes Gefäss oder aber, und namentlich in den stärkeren Strängen, ein Capillarnetz mit in die Länge gestreckten Maschen. In den diffusen Anhäufungen adenoiden Gewebes lässt sich eine typische Anordnung der Blutgefässe nicht erkennen.

Eine besondere Eigenthümlichkeit zeigt das Capillarsystem des adenoiden Gewebes mit Rücksicht auf die Erfüllung desselben mit durchsichtigen Injectionsmassen. Mag man wässeriges, lösliches Berlinerblau oder auch Gelatine, mit diesem oder mit Carmin versetzt, zur Injection verwenden, so wird man stets finden, dass in keinem anderen Gewebe des Körpers diese Flüssigkeiten so leicht durch die Gefässwände diffundiren, als eben hier. Worin der Grund dafür gelegen ist, ob in einer eigenthümlichen Beschaffenheit, oder in einer besonderen Zartheit der Capillargefässwände, oder darin, dass die letzteren an der sie umgebenden, halbflüssigen Zwischensubstanz weniger Stütze finden, als bei anderen Gewebsformen, das lässt sich nicht entscheiden. Man findet aber aus diesem Grunde häufig an Objekten, welche mit leimigen Massen injicirt und nachträglich in Alkohol erhärtet worden sind, die Injectionsmasse durch das ganze adenoide Gewebe verbreitet und, je nach der Stärke des angewendeten Druckes und je nach dem Grade der Schrumpfung des Leimes in dem Härtungsmittel, zu verschiedenen Figuren gestaltet. In der Regel umgibt die Leimmasse, welche die formlose Zwischensubstanz verdrängt oder sich mit ihr vermischt hat, in dünnen Schalen und Ringen die einzelnen lymphoiden Zellen, — Bilder, welche zur Annahme eines besonderen „plasmatischen" Gefässsystemes innerhalb des adenoiden Gewebes Veranlassung gegeben haben. Dass in der That die Injectionsmasse in diesen Fällen nicht innerhalb eines präformirten Kanalsystemes gelegen ist, lässt sich unter anderem dadurch erweisen, dass man bei Benützung von *wässerigem* Berlinerblau, dort wo dieses durch die Gefässwände diffundirt ist, niemals eine Andeutung von Kanälchen, sondern stets nur eine diffuse, hellblaue Färbung des ganzen Gewebes erhält.

Die Beziehungen des adenoiden Gewebes zu dem *Lymphgefässsystem* sind sowohl nach morphologischer als nach physiologischer Seite sehr innige. Am deutlichsten sind dieselben an den Lymphknoten zu erkennen. Sie sind recht eigentlich in die Bahn des Lymphstromes eingeschaltet, indem die kugel- und strangförmigen Formationen des adenoiden Gewebes allseitig von der Lymphflüssigkeit umspült, gewissermassen frei in dem Lymphstrome aufgehangen sind. Auch die Lymphfollikel des Darmes zeigen, wie schon oben (S. 357) bemerkt worden ist, zum mindesten bei gewissen Thieren, ein ganz gleiches Verhältniss, indem der grösste Theil ihrer Circumferenz von einem schalenartigen Lymphraum umgeben ist. Bei vielen anderen Thieren aber tritt an die Stelle des einfachen Raumes ein reiches Netzwerk von Lymphgefässen. Ein ähnliches umspinnendes, lymphatisches Netz ist auch, wenngleich nicht in so reicher Entfaltung, an den Follikeln der

Tonsillen und Zungenbälgen nachweisbar, während man anderwärts, wie in der Thymus und in der Milz, noch keine ähnlichen Beziehungen zu Lymphgefässen sicherzustellen vermocht hat. In's Innere der Lymphfollikel erstrecken sich, wie es scheint, die Lymphgefässe niemals.

In funktioneller Beziehung spricht sich die Zusammengehörigkeit des adenoiden Gewebes mit dem Lymphgefässsystem darin aus, dass das erstere als eine der hauptsächlichsten Bildungsstätten für die geformten Elemente der Lymphe — die lymphoiden Zellen — angesehen werden muss. Wenn auch die Beweisgründe dafür noch nicht so sicher sind, als es wünschenswerth wäre, so lässt sich doch nichts Wesentliches gegen die Annahme einwenden, dass in dem adenoiden Gewebe durch Theilung der vorhandenen lymphoiden Zellen stets neue entstehen, während einige von ihnen aus dem Gewebe auswandern und in den Lymphstrom gelangen. In Betreff der Auswanderung lymphoider Zellen durch die Epithelien des Verdauungs- und Respirationstractes vgl. S. 44.

Gegenüber der bisher besprochenen, reinen Form des adenoiden Gewebes ist noch einer Art von Zwischenform zwischen ihm und dem fibrillären Bindegewebe zu gedenken. Man findet nemlich nicht selten eine mehr weniger reichliche Anhäufung von lymphoiden Zellen in dem letzteren, wie dies besonders im Bereiche der Darmschleimhaut der Fall ist, aber auch anderorts, z. B. in der Pleura, in dem Omentum, jedoch nur an ganz beschränkten Stellen vorkommt. Man hat diesen Zustand des fibrillären Bindegewebes als *Lymphinfiltration* bezeichnet. Er ist nicht ohne Bedeutung für die Auffassung des ganzen Charakters des adenoiden Gewebes. Dasselbe kann nemlich als eine eigenthümliche Modifikation des fibrillären Bindegewebes betrachtet werden, welche hauptsächlich auf eine beträchtliche Ausdehnung der zwischen den Bindegewebsbündeln befindlichen Lücken, strahlenförmiges Auswachsen der Bindesubstanzzellen und massenhafte Einlagerung von lymphoiden Elementen zurückzuführen wäre. Als besonders geeignet zu dieser Metamorphose erscheint die Adventitia der kleineren Blutgefässe.

5) Die Lymphknoten.

Mit dem Namen der *Lymphknoten, Lymphdrüsen — glandulae lymphaticae* — bezeichnet man kleine, parenchymatöse *) Organe, welche an bestimmten Oertlichkeiten des Körpers in den Verlauf von

*) Mit dem Ausdruck *Parenchym* (παρὰ und ἐγχύω) bezeichnet man die weiche Substanz drüsenartiger Organe im Gegensatz zu fibrösen Gebilden und Muskeln. Er entstammt der Vorstellung der alten Griechen, dass in derartigen Organen das Blut, mit Säften vermischt, um die Blutgefässe herum ausgegossen sei.

Lymphgefässstämmen eingeschaltet sind. Die mikroskopische Untersuchung weist in ihnen zwei differente Gewebsformen nach, von denen die eine — *fibrilläres, geformtes Bindegewebe* — das Gerüst und die Stütze des Ganzen herstellt, die andere — *adenoides Gewebe* — das Parenchym bildet. Beide diese Bestandtheile der Lymphknoten sind so angeordnet, dass ihre Formationen, von einander räumlich getrennt, ein vielverzweigtes Lückensystem zwischen sich fassen, welches von der Lymphe durchströmt wird und mit den zuführenden und abführenden Lymphgefässen (*Vasa afferentia* und *Vasa efferentia*) in offener Communication steht.

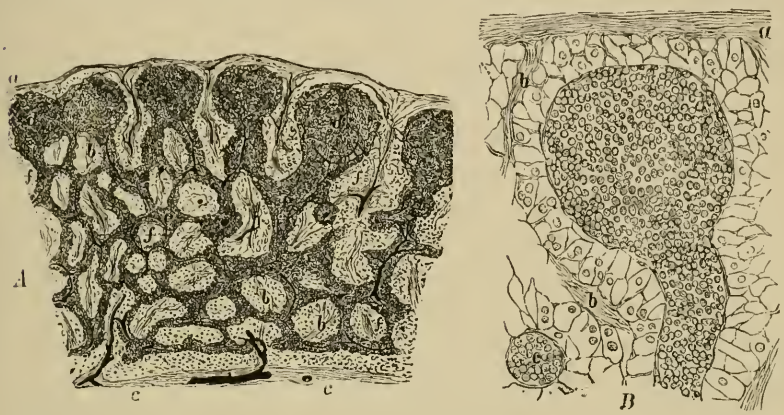
Das bindegewebige Gerüst der Lymphknoten besteht aus einer äusseren Kapsel, welche die ganze Oberfläche des Knotens umhüllt, und aus einem Trabekelsystem, welches das Innere desselben durchzieht. Die erstere ist, je nach der Grösse des Knotens und auch je nach der verschiedenen Thierspecies, von verschiedener Mächtigkeit und aus ziemlich fest gewebtem, grobfaserigem Bindegewebe geformt. Man darf sich diese Kapsel nicht als eine in sich abgeschlossene Membran vorstellen: es laufen vielmehr zahlreiche Faserbündel von ihr einerseits in das umliegende Bindegewebe aus, wodurch der Lymphknoten gewissermassen an die Umgebung fixirt wird, andererseits geht eine grosse Zahl derselben in das innere Trabekelsystem über, so dass man sagen kann, dass das letztere in der Kapsel wurzele, von ihr seinen Ausgangspunkt nehme.

Das Trabekelsystem besteht aus einer grossen Anzahl feinerer und stärkerer, bindegewebiger Stränge und Lamellen, welche sich vielfach verästigen und mit ihren Ausläufern unter einander zusammenfliessen. In den peripher gelegenen Theilen des Knotens sind dieselben stärker, die von ihm begrenzten Lücken verhältnissmässig gross, von annähernd kugeliger oder ovoider Gestalt. In den centralen Parthieen des Lymphknotens hingegen werden die bindegewebigen Lamellen und Stränge feiner und dünner, ihre Verästigung eine reichere, die zwischen ihnen bleibenden Zwischenräume kleiner. In jener Gegend, wo die Lymphgefässe aus dem Lymphknoten austreten, gestaltet sich das Trabekelsystem zu einer compacteren, bindegewebigen Masse (*Hilusstroma*), in welcher eine Anzahl kanalartiger Räume sichtbar wird. In den Lymphknoten verschiedener Körperregionen und je nach der Thierspecies ist das Hilusstroma in sehr verschiedener Mächtigkeit ausgebildet; es verdient aber schon desshalb eine besondere Bezeichnung, weil es nicht wie das Trabekelsystem der übrigen Abschnitte der Lymphknoten adenoides Gewebe in seine Lücken aufnimmt, also kein Parenchym besitzt. In vielen Fällen, insbesondere auch in den grösseren Lymphknoten des Menschen, erscheint das Hilusstroma an Querdurch-

schnitten als eine in sich begrenzte, hellere Stelle, welche, etwa wie der Sinus renalis, von dem parenchymatösen Theile des Lymphknotens umfasst wird (Fig. 101 B). Auch in anderer Beziehung lässt sich die Region des Hilusstroma mit dem Sinus renalis vergleichen, da in ihm, wie wir sehen werden, die erste Ramification der grösseren Blutgefässe erfolgt, und die austretenden Lymphgefässstämme sich sammeln.

Es ist noch zu bemerken, dass das bindegewebige Gerüst an sehr vielen Lymphknoten mit glatten Muskelfasern versehen ist. Meist mehr vereinzelt in der äusseren Kapsel und in dem Trabekelsystem

Fig. 100.



A. Durchschnitt durch einen in Alkohol erhärteten Lymphknoten aus dem Mesenterium der Katze. Die Blutgefässe, an dem Präparat mit Berlinerblau injicirt, sind tief schwarz gezeichnet. (Carmintinction).

a. Aeussere Bindegewebskapsel, bb. Durchschnitte von bindegewebigen Trabekeln, c. Bindegewebe des Hilusstroma, d. Rindenknoten, ee. Markstränge, f. Lymphbahnen. (Hartn., Syst. II, Ocul. 2.)

B. Durchschnitt durch einen Rindenfollikel eines ebensolchen Lymphknotens, in Verbindung mit einem Markstrang. a. Kapsel, b. Bindegewebssepta, c. quer durchschnittener Markstrang. Der Raum zwischen dem Follikel, respective Markstrahl, und den Bindegewebesepten zeigt das zellige Reticulum mit einzelnen Lymphzellen in dessen Maschenräumen. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 3.)

eingestreut, bilden sie jedoch, wie zuerst *v. Recklinghausen* gefunden hat, an den grossen Lymphknoten des Rindes ganz zusammenhängende Züge, so dass man nach Zerstörung der Bindegewebselemente durch Salpetersäure die Anordnung des Gerüstes an den erhalten gebliebenen Muskelfaserzügen noch ganz gut zu erkennen vermag.

Das *Parenchym* der Lymphknoten besteht, wie bereits erwähnt worden ist, aus adenoidem Gewebe, welches theils zu kugelähnlichen, theils zu strangartigen Massen geformt ist. Es findet seinen Ort innerhalb der verschieden gestalteten Räume, welche das bindegewebige Gerüst formt, ohne jedoch sich an dasselbe unmittelbar anzulegen und die vorhandenen Räumlichkeiten vollständig auszufüllen. In den am meisten peripher gelegenen Theilen der Lymphknoten begegnet man

ganz ausschliesslich kugelähnlichen Formationen des adenoiden Gewebes, welche unter dem Namen *Rindenfollikel (Alveolen Frey)*, bekannt sind und der äusseren Oberfläche des Lymphknotens mitunter ein mehr oder minder ausgesprochenes feinhöckeriges Aussehen verleihen. Ihr Bereich wird gewöhnlich als die *Rindensubstanz* der Lymphknoten bezeichnet. Als Regel darf angesehen werden, dass nur eine fortlaufende Reihe von Follikeln die Rindensubstanz formt; nicht selten aber findet man auch in den tieferen Parthieen des Knotens einzelne oder mehrere Follikel. Sie zeigen sich entweder gegen einander vollständig abgeschlossen und in einer bestimmten Entfernung von einander gelagert, oder aber es fliessen zwei und mehrere, neben einander gelegene Follikel mit einem grösseren oder kleineren Theile ihrer seitlichen Flächen zusammen (Fig. 100 A), ja sie können auf kürzere oder längere Strecken hin eine ganz diffuse Masse herstellen. An ihrer gegen das Innere des Lymphknotens gewendeten Oberfläche sind die Rindenfollikel nicht in sich abgeschlossen, sondern es setzt sich die Substanz eines jeden derselben in ein oder mehrere, strangförmige Gebilde fort, welche sich vielfach verästigen, mit ihren Ausläufern wieder zusammenfliessen, und so ein Netzwerk von adenoider Substanz herstellen, welches die central gelegenen Parthieen des Lymphknotens durchzieht. Man bezeichnet diese adenoiden Stränge als *Markstränge (Markschläuche)*, ihr Bereich in den Lymphknoten als die *Marksubstanz* der letzteren.

Rindenknoten und Markstränge bilden also eine in sich zusammenhängende Formation eines und desselben Gewebes, im Gegensatze zu dem bindegewebigen, ebenfalls in sich zusammenhängenden Trabekelsystem. Beide sind so durch einander geschoben, dass die grösseren, peripheren Lücken des Trabekelsystems von den Follikeln, die kleineren, centralen von den Marksträngen eingenommen werden. Indem aber beiderlei Formationen sich im Allgemeinen nicht berühren, erhält sich zwischen ihnen ein ganz unregelmässiges Lückensytem, welches nichts anders als die Bahn ist, in welcher die Lymphe die Lymphknoten durchsetzt.

Die Weite der Lymphbahnen wechselt im Allgemeinen, und insbesondere gegenüber den Massenverhältnissen der adenoiden Formationen, je nach verschiedenen Zuständen der Lymphknoten und auch nach den verschiedenen Thierarten, sehr erheblich. Auch die Präparationsmethode hat dabei ihren berücksichtigenswerthen Einfluss. Ihre unmittelbare Begrenzung findet die Lymphbahn in einem continuirlichen endothelialen Ueberzug, von welchem die freien Oberflächen der Rindenfollikel und Markstränge, ebenso wie die des bindegewebigen Gerüstes, allenthalben überkleidet sind. Derselbe lässt sich durch In-

jection von Silberlösungen, wenigstens streckenweise, nicht schwer darstellen.

Eine besondere Eigenthümlichkeit erlangen die Lymphräume innerhalb der Lymphknoten dadurch, dass sie in allen ihren Theilen von einem zelligen Reticulum durchzogen werden (Fig. 100 B), welches zwischen den adenoiden und den bindegewebigen Formationen ausgespannt ist. Die Elemente dieses Reticulum erreichen eine besondere Stärke in den peripheren Theilen der Lymphknoten, wo sie von der Bindegewebskapsel und den von ihr abzweigenden gröberen Trabekeln zu der Oberfläche der Rindenfollikel hinziehen. Feiner und engmaschiger ist das Reticulum in dem Bereiche der Marksubstanz. Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass die Zellen, welche das Reticulum der Lymphbahn formen, zum Theile mit den gleichwerthigen Zellen des Parenchymes im Zusammenhange stehen. Viel schwieriger aber, und bis jetzt nicht völlig gelungen ist es, die Beziehungen der Endothelzellen dieser Lymphräume zu den Zellen ihres Reticulum zu erforschen. Für die starken Zellenausläufer, wie sie sich in den Lymphbahnen der Rindensubstanz finden, ist zuerst durch *Recklinghausen* festgestellt worden, dass der Endothelbelag sich auf sie hin fortsetzt. Für die feineren Zellenausläufer ist dies weder direct erwiesen, noch auch theoretisch wahrscheinlich; es scheint, dass sie ganz nackt in der Lymphbahn schweben und an den Wandungen derselben wenigstens zum Theil mit den Endothelzellen verschmelzen. In den Maschenräumen dieses Reticulum findet man stets eine grössere Anzahl von Lymphzellen eingelagert, welche ihm entweder anhaften, oder in der geronnenen Lymphflüssigkeit aufgeschwemmt sind.

Die bisher besprochenen Structurverhältnisse der Lymphknoten lassen sich nicht schwer an Durchschnitten gehärteter (Alkohol) Objekte erforschen, welche vor der Untersuchung durch Schütteln in einer Eprouvette von einem Theile der eingelagerten lymphoiden Zellen befreit worden sind. Da die letzteren im Bereiche der Lymphbahnen nur ganz lose eingelagert sind, ihre Anzahl überdies eine viel geringere ist, als in dem Parenchym, so erscheinen die Lymphbahnen an solchen Präparaten als auffallend hellere und durchsichtigere Stellen, in welchen theilweise das Reticulum ganz gut sichtbar ist. Hat man aber sehr feine Schnitte angefertigt und dieselben längere Zeit geschüttelt, so kommt es vor, dass auch aus dem Parenchym selbst die lymphoiden Zellen ausgefallen sind. In diesem Falle ist es nicht mehr möglich, die Lymphbahnen abzugrenzen: man hat nichts anderes vor sich, als ein auf grosse Strecken hin zusammenhängendes Reticulum, welches nur stellenweise von den Durchschnitten der Bindegewebssepten unterbrochen ist.

Handelt es sich aber darum, den Zusammenhang der Lymphbahnen innerhalb der Lymphknoten zu untersuchen, so ist es ganz unerlässlich, vor der Härtung dieselben mit farbigen Massen zu injiciren. Will man sich dabei vor Täuschungen sicherstellen, so ist es geboten, die Injection von den zuführenden Lymphgefässen aus vorzunehmen und dabei nur einen möglichst schwachen Druck zu verwenden.

Als Injectionsmasse ist am meisten wässeriges Berlinerblau zu empfehlen *). Injectionen durch direkten Einstich in die Lymphknoten sind wenig vertrauenswerth.

Ich werde der nachfolgenden Beschreibung der Lymphbahnen zunächst die Verhältnisse zu Grunde legen, welche sich an den grössten und mittelgrossen Lymphknoten des Menschen finden. Die zuführenden Lymphgefässstämme, 2—4 und mehr an Zahl, treten ganz constant an den einen Pol des länglich eiförmig gestalteten Lymphknotens heran (Fig. 101 A a). Ein jeder derselben zerfällt nun rasch in mehrere, stark von einander divergirende Zweige, welche in die Substanz der Bindegewebskapsel sich einsenken und unter nochmaliger Theilung diese in schiefer Richtung durchbrechen. Während dessen verdünnt sich die eigene Wandung der Lymphgefässe derart, dass nur mehr die Endothelhaut übrig bleibt, welche sich continuirlich in die inneren Lymphbahnen des Knotens fortsetzt. Die Lymphe ergiesst sich nun frei in jene Räume, welche von der Kapsel und den von ihr abzweigenden Bindegewebssepten einerseits, und von den Rindenfollikeln andererseits begrenzt werden. Hat die Lymphe die Region der Rindenfollikel in centripetaler Richtung durchsetzt, so gelangt sie in das Lückensystem der Marksubstanz, hier allseitig die adenoiden Markstränge umspülend und im Allgemeinen gegen das Hilusstroma hin sich bewegend. In dem letzteren ist der Anfang der ausführenden Lymphgefässe zu suchen.

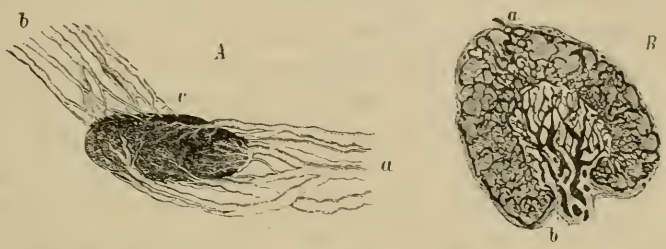
Bezüglich des Ueberganges der lymphatischen Räume der Lymphknoten in die Vasa efferentia ist folgendes zu bemerken. Das Netz der Markstränge ist gegen das Hilusstroma scharf abgegrenzt und von dem letzteren durch Lymphräume geschieden. Diese letzteren Lymphräume, welche ich mit dem Namen der *Terminalsinus* bezeichnen will, hängen allseitig unter einander und mit den Lymphräumen der Marksubstanz zusammen, und sind nur von den blatt- oder strangförmigen Bindegewebstrabekeln durchzogen, welche aus dem Inneren des Knotens an das Hilusstroma herantreten. Gegen das letztere hin ist die bindegewebige Wandung der Terminalsinus von zahlreichen, kleinen Lücken durchbrochen, welche direkt in die Wurzeln der ableitenden Gefässe führen. Diese sammeln sich somit als äusserst dünnwandige Kanälchen aus dem ganzen Bereiche der terminalen Sinus und fliessen noch innerhalb des Hilusstroma zu stärkeren Stämmchen zusammen, aus deren Vereinigung dann, entweder noch innerhalb des Hilusstroma, oder kurz nach ihrem Austritt aus dem Knoten 2—6 ausführende Lymphgefäss-

*) Ich habe vor mehreren Jahren eine Methode der Injection angegeben, welche stets sehr verlässliche Resultate ergibt, aber leider nur für einzelne Bezirke, insbesondere für die Lymphknoten des Ligamentum hepato-duodenale verwendbar ist. Diese Methode besteht in dem Einspritzen grösserer Quantitäten von fein vertheiltem Anilinblau in das Venensystem lebender Thiere.

stämme hervorgehen. Entgegen der herrschenden Ansicht muss ich betonen, dass die Zahl der ausführenden Lymphgefässe durchaus nicht constant kleiner ist, als die der zuführenden: es kann dies vorkommen, aber ebenso oft findet man entweder so viele ausführende, als zuführende Gefässe, oder auch mehr. Erst nachdem die ausführenden Gefässe eine Strecke weit verlaufen sind, vermindert sich gewöhnlich ihre Zahl, indem zwei oder mehrere von ihnen in einander fliessen.

Nicht selten kommen direkte Anastomosen zwischen den zu- und abführenden Lymphgefässen ausserhalb der Lymphknoten vor, wie dies auch bei dem Objekte der Fall war, welches zur Zeichnung der Fig. 101 A vorgelegen war.

Fig. 101.



A. Lymphknoten aus der Gruppe der Glandulae lymphat. hypogastricae des Menschen mit den injicirten zuführenden (a) und ausführenden (b) Lymphgefässen. Bei c ist eine direkte Anastomose zwischen den ersteren und letzteren. (Natürliche Grösse.)

B. Querschnitt durch einen hypogastrischen Lymphknoten des Menschen nach Injection der Lymphbahnen mit Berlinerblau und Erhärtung in Alkohol. A. Zuführendes Lymphgefäss, b. Hilusstroma mit den sich sammelnden, ausführenden Lymphgefässen. (Dreimalige Vergrösserung.)

An kleineren Lymphknoten, insbesondere an solchen, denen ein deutlich ausgebildetes Hilusstroma fehlt, oder dort, wo mehrere kleine Lymphknoten zu einem grösseren Convolut verschmelzen, zeigen sich kleine Abweichungen bezüglich des Verhaltens der ausführenden Lymphgefässe. Im ersten Falle sammeln sie sich an der Oberfläche des Knotens, an einer Stelle, wo die Rindensubstanz vollständig mangelt; im letzteren Falle fliessen die aus den einzelnen Theilknoten abführenden Lymphgefässe noch innerhalb des ganzen Convolutes zu gemeinschaftlichen Stämmen zusammen.

Die Blutgefässe der Lymphknoten. Das arterielle Blut beziehen die Lymphknoten zum Theile durch mehrfache, feine, von verschiedenen Stellen der Oberfläche herantretenden Gefässchen, zum Theil durch ein stärkeres in der Gegend des Hilusstroma in sie eindringendes Stämmchen. Die ersteren Gefässchen verzweigen sich in der Kapsel und schicken ihre Ausläufer in das bindegewebige Trabekelsystem hinein. Die Arterie, welche in das Hilusstroma eintritt, zerfällt in demselben durch mehrfache, gabelige Theilungen in eine Anzahl von feinen Zweig-

chen, deren einige ebenfalls in das bindegewebige Trabekelsystem und in die Kapsel gelangen, um in ihrer Endausbreitung mit den erst genannten Gefässchen zusammenzufliessen. Andere, und zwar die grössere Zahl der Zweige der Hilusarterie, durchsetzen frei (wahrscheinlich mit einer äusseren Endothelbekleidung versehen) die Terminalsinus der Lymphknoten und treten direkt in die Markstränge ein, um sich in und mit diesen zu verzweigen. Man trifft in den Marksträngen entweder ein einfaches, grösseres, axial gelegenes Gefässchen, oder aber nebst diesem ein mehr oder weniger entwickeltes Capillargefässsystem. Den Marksträngen folgend, gelangen endlich die Arterien mit ihrer Endverzweigung in die Substanz der Follikel, innerhalb welcher sie ein weitmaschiges Capillarsystem darstellen, aus welchem die Anfänge der Venen hervorgehen. Diese verlaufen in ähnlicher Anordnung wie die Arterien durch die Marksubstanz gegen den Hilus hin. Man sieht sohin, dass das Gefässsystem des Parenchyms bis zu einem gewissen Grade von dem des Bindegewebsgerüstes getrennt ist, indem in beiden eine selbständige Astfolge der Blutgefässe und namentlich ein selbständiges Capillarsystem besteht. Es kommen jedoch an mehreren Stellen der Lymphknoten Anastomosen zwischen beiden dadurch zu Stande, dass kleine, arterielle und venöse Zweigchen aus dem Trabekelsystem in die Markstränge übertreten, indem sie frei den zwischengelegenen Lymphraum durchsetzen.

Die *Nerven* der Lymphknoten beschränken sich auf einzelne kleine, theils marklose, theils markhaltige Faserbündel, über deren schliessliches Verhalten noch nichts Sicheres ermittelt worden ist. Man glaubt sie als Gefässnerven betrachten zu dürfen.

6) Die Thymus (Thymusdrüse).

Als eines Organes, welches im Wesentlichen aus adenoidem Gewebe aufgebaut ist, muss hier noch der Thymus gedacht werden, wenn gleich ihre Beziehungen zum Lymphgefässsystem zur Zeit noch nicht zur Genüge bekannt sind.

Die äussere Umhüllung der Thymus wird aus feinfaserigem, fibrillärem Bindegewebe hergestellt, welches mit dünnen, verhältnissmässig reichlichen, elastischen Fasern durchsetzt ist, und welches in Form einer zarten Membran sowohl die äussere Oberfläche, als auch die einander zugewendeten Flächen der einzelnen Lappen des Organes überzieht. Seine Faserbündel stehen mit dem umliegenden Bindegewebe des Mediastinalraumes allenthalben in continuirlichem Zusammenhang. Nach dem Inneren des Organes ziehen von dieser äusseren Umhüllung zahl-

reiche, bindegewebige Dissepimente, welche das Parenchym in secundäre und tertiäre Läppchen abtheilen. Da die letzteren durch lockeres Bindegewebe nur lose an einander geheftet sind, so gewinnt die Thymus für das freie Auge ein ähnliches Aussehen wie die Speicheldrüsen, und aus diesem Grunde wurde sie auch von den älteren Anatomen als eine Drüse angesehen.

Die kleinsten Läppchen der Thymus zeigen eine im Allgemeinen kugelähnliche oder ellipsoide Form, können aber auch von einer oder der anderen Seite her mehr weniger abgeplattet erscheinen. Ihre Durchmesser schwanken zwischen 0·5—1·5 Mm. Die Substanz dieser Läppchen wird durch adenoides Gewebe gebildet, welches hier im Allgemeinen eine völlig diffuse Masse formt. An feinen Durchschnitten des gehärteten Objektes sieht man allerdings gegen die Peripherie der Läppchen zu häufig eine Andeutung follikulärer Bildungen, welche dadurch hervorgebracht ist, dass feine Bindegewebszüge von der äusseren Umhüllung her in das Innere der Läppchen eindringen; zu einer durchgreifenden Differenzirung von lymphatischen Follikeln kommt es aber verhältnissmässig nur sehr selten. Die Beschaffenheit des adenoiden Gewebes ist nicht in dem ganzen Bereich der Thymusläppchen dieselbe, insoferne, als in den peripheren Theilen das Zellennetz viel dichter, die Zahl der eingelagerten Lymphzellen viel grösser ist, als in der Mitte des Läppchens. Aus diesem Grunde erscheint an Durchschnitten eine mehr weniger breite und ziemlich scharf begrenzte, periphere Zone der Läppchen auffallend undurchsichtiger, als die centralen Parthieen. Man kann nach Analogie mit anderen Organen ganz wohl die erstere als *Rindenzone*, die letzteren als *Markantheil* der Läppchen bezeichnen. An vielen Läppchen sieht man nun den Markantheil vollständig von der Rindenzone umgriffen, an anderen aber drängt sich der erstere an einer beschränkten Stelle bis an die Oberfläche des Läppchens heran und geht unmerklich in das interstitielle Bindegewebe über. Hier sieht man auch ganz constant Blutgefässe aus- und eintreten. Das ganze Bild erinnert einigermassen an Querschnitte von Lymphknoten (etwa wie in Fig. 101 B), wobei im kleinen die Rindensubstanz der Thymusläppchen dem parenchymatösen Theil des Lymphknotens, die Marksubstanz aber dem Hilusstroma des letzteren entsprechen würde. (Auch bei den Lymphknoten zeigt sich an Querschnitten aus der Nähe der Pole das Hilusstroma vollständig von einer Zone von Parenchym umgeben.)

Die Beziehungen des adenoiden Gewebes der Thymusläppchen zu den Lymphgefässen sind, wie schon erwähnt, noch nicht durch direkte Beobachtungen klargestellt worden. Sicher ist nur so viel, dass eine grössere Anzahl von kleinen Lymphgefässen sowohl an der Oberfläche

des Organes sich ausbreitet, als auch im Inneren desselben die bindegewebigen Interstitien durchzieht. Stärkere Lymphgefässe findet man längs den arteriellen Gefässen im Inneren des Organes verlaufen und besonders an der hinteren Oberfläche desselben austreten. Die letzteren ziehen zu den vorderen Lymphknoten des Mediastinalraumes hin.

Nicht unwahrscheinlich ist es, dass der Markantheil der kleinsten Thymusläppchen nichts anderes, als einen Lymphraum darstellt (etwa analog den Lymphräumen der Lymphknoten), und dass dieser in irgend welcher Weise mit den Lymphgefässen in Zusammenhang steht.

Von manchen Autoren (*His*) wird unter dem Namen des *Centralkanales* ein im Innern der Thymus gelegener, etwa 1—1½ Mm. weiter, vielfach gewundener Gang beschrieben, welcher sich durch Auseinanderlegen der Läppchen bis zu einer bedeutenden Länge ausstrecken lässt; die letzteren haften der Aussenfläche seiner Wandungen an. Es wurde einerseits die Vermuthung ausgesprochen, dass dieser Kanal als Lymphgefäss anzusprechen sei: anderseits aber ist er als Kunstprodukt betrachtet worden.

Die Thymus ist ziemlich reich an *Blutgefässen*. Kleinere derselben treten von allen Seiten her, einzelne grössere an ihrer hinteren Oberfläche an sie heran; die letzteren verbreiten und verästigen sich im Inneren des Organes und dringen dort, wo der Markantheil der Läppchen an die Oberfläche heranreicht, in dieselben hinein, um sich mit ziemlich reichlichen, aber engen Capillaren über die Rindenzone auszubreiten. Die kleineren, an der Oberfläche des Organes sich verästigenden Gefässe durchziehen zunächst die bindegewebige Hülle und die Dissepimente der Läppchen und gelangen im weiteren Verlaufe auch in das Innere derselben, um sich in das vorerwähnte Capillarsystem zu ergiessen.

Bezüglich der *Nerven* gilt Aehnliches, wie für die Lymphknoten.

Ueber die feineren histologischen Vorgänge, welche die *Involution* der Thymus einleiten und begleiten, ist noch nichts sicheres bekannt.

Unter der Bezeichnung der *Hassal'schen Körperchen* oder der *concentrischen Körper* der Thymus (*E. Ecker*) versteht man eigenthümliche, kugelige Gebilde von 20—100 μ. Durchmesser, welche sich besonders während der Involution der Thymus in sehr wechselnder Zahl in dem Parenchym zerstreut vorfinden. Sie lassen in ihren peripheren Parthieen eine deutliche, concentrische Streifung erkennen, während die Mitte mehr homogen erscheint.

Da die Thymus neueren Beobachtungen zufolge (*Kölliker, Stieda*) aus einer epithelialen Anlage hervorgeht, ist die Annahme nahegelegt, dass die concentrischen Körper Agglomerate von veränderten Epithelzellen seien. In der That kann man aus ihnen durch Behandlung mit *Müller'scher* Flüssigkeit platte, kernhaltige, Epithelzellen ähnliche Gebilde isoliren (*W. Krause*).

Die Milz.

Als Bestandtheile der Milz sind zu unterscheiden: die *äussere Kapsel* und das mit ihr in Zusammenhang stehende, innere bindegewebige *Septensystem*, ferner die adenoiden Gewebsformationen in Gestalt der sog. *Pulpastränge* und der *Malpighi'schen Körperchen*, endlich *Blutgefässe*, *Lymphgefässe* und *Nerven*.

Die *äussere Kapsel* der Milz — *tunica fibrosa* — ist bei den meisten Säugethieren untrennbar mit dem Peritonealüberzug verschmolzen und besteht aus einem derb gewebten fibrillären Bindegewebe mit zahlreichen, feinen elastischen Fasern. Die freie Oberfläche derselben ist selbstverständlich mit dem Epithel des Bauchfelles überkleidet. Zwischen den bindegewebigen Elementen sind bei vielen Thieren — besonders Hund, Schwein, Schaf, Igel — alternirende Züge von glatten Muskelfasern eingebettet; ja dieselben können sogar in den tieferen Schichten der Kapsel so reichlich auftreten, dass sie das Bindegewebe nahezu verdrängen. Beim Menschen ist das Vorkommen derselben sehr beschränkt, ja es wird von manchen Autoren (*Gerlach*, *Gray*, *Kölliker*) völlig in Abrede gestellt.

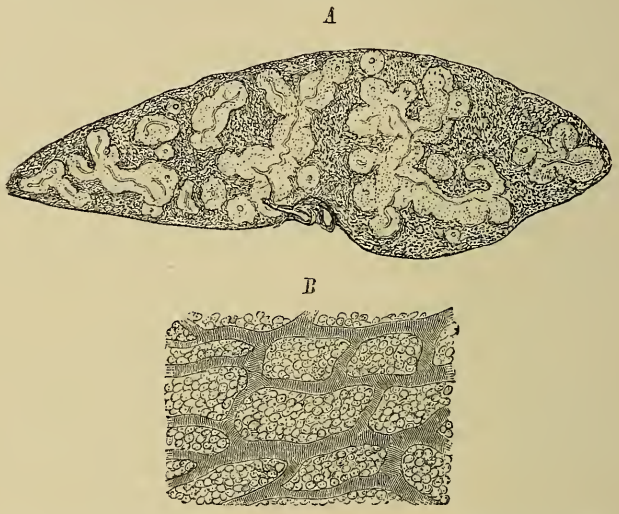
Von der Innenfläche der fibrösen Hüllmembran zweigt sich das *Septensystem* ab, welches in bald reichlicher, bald spärlicher Entwicklung das ganze Gewebe der Milz durchzieht. Es besteht in vielen Fällen aus rundlichen, vielfach verzweigten und unter einander zusammenhängenden Bindegewebssträngen (*Trabekeln*, *Milzbalken*); häufig aber, und dies gilt nach meinen Erfahrungen insbesondere auch von der menschlichen Milz, ist das Septensystem aus zahlreichen, in verschiedenen Richtungen an einander stossenden, häutchenartigen, oft von Lücken durchbrochenen Formationen zusammengesetzt, so dass ein badeschwammähnliches Gefüge entsteht. Auch das Septensystem enthält bei Thieren glatte Muskelfasern in verschiedener Zahl; beim Menschen scheinen sie jedoch völlig zu fehlen.

Zur Darstellung des Septensystems eignet sich die folgende Methode. Eine schlaffe, blutarme Milz, wie sie sich nicht selten beim Menschen findet, wird durch einen entlang dem Hilus geführten, nicht zu tiefen Einschnitt geöffnet und durch mehrere Tage fortwährend einem dünnen Wasserstrahl ausgesetzt, so lange, bis sie völlig entfärbt und zusammengefallen ist. Durch dieses Verfahren, welches durch vorsichtiges Kneten unterstützt werden kann, lässt sich die Pulpa völlig entfernen, und es bleibt das Septensystem sammt der Ausbreitung der Blutgefässe allein zurück. Man kann nun sofort die mikroskopische Untersuchung vornehmen, einen Theil des Objektes aber, welcher sich dazu eignet (am besten das obere und untere Ende), durch Aufblasen auf das annähernd ursprüngliche Volumen entfalten und langsam an der Luft trocknen. Namentlich durch die letztere Procedur erhält man eine übersichtliche Anschauung der Anordnung des bindegewebigen Milzgerüstes.

Eine besondere Wichtigkeit für das Verständniss des Baues unseres Organes erlangen die Fortsetzungen der Milzkapsel, welche sich am Hilus den eintretenden Blutgefässen anschliessen und eine *Gefässscheide* um dieselben herstellen.

Arterien- und Venenzweige erhalten gesonderte Gefässscheiden. Die der Venen behalten den fibrillären Bau bis zu den letzten Verzweigungen derselben bei und setzen sich häufig mit den Formationen des Septensystems in Verbindung; ihre Mächtigkeit entspricht dem Kaliber der Gefässe. — Ganz anders verhält sich die arterielle Gefässscheide.

Fig. 102.



A. Querdurchschnitt durch die Milz eines ausgewachsenen Meerschweinchens. Das adenoide Gewebe der arteriellen Gefässscheide tritt in Gestalt von confluirenden Follikeln durch blasse Farbe deutlich hervor. Stellenweise sind die arteriellen Zweige quer getroffen. Die Pulpastränge, von reichlichem Pigment durchsetzt, erzeugen in den übrigen Theilen des Präparates eine netzartige Zeichnung. Vergrösserung 7. (*Lupe.*)

B. Aus einem Durchschnitt der Milz der Ringelnatter. Das venöse Netz, mit Leimmasse injicirt, umschliesst die Pulpastränge. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

Zu ihrem Studium wird am zweckmässigsten zunächst die Milz des Meerschweinchens, oder eines anderen kleinen Nagethieres benützt, und werden die Durchschnitte an den Eintrittsstellen von Gefässästen, in querer Richtung durch das Organ geführt. An diesen sieht man schon mit freiem Auge weisse, rundliche, scharf begrenzte Flecke, welche theils discret liegen, theils aber zu einfachen oder verästigten Reihen an einander treten und unter einander verschmolzen sind. Bei der Untersuchung mit schwächeren Vergrösserungen zeigt es sich, dass in der Axe dieser Formationen stets ein arterielles Gefäss verläuft, und dass die Verästigung derselben mit der Ramifikation des letzteren zusammenfällt. In der Mitte der discreten rundlichen Flecke erkennt man leicht

den Querschnitt eines Arterienzweiges. Bei weiterer Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen ergibt sich, dass die fraglichen Stellen des Milzgewebes aus *adenoidem Gewebe* bestehen, welches in seiner Zusammensetzung vollständig dem der Lymphknoten und der Thymus gleicht. In der Nähe des Hilus, also beim Eintritt der grössten Gefässstämme, lässt sich auf das bestimmteste nachweisen, dass es die aus der Milzkapsel hervorgegangene Gefässscheide ist, zwischen deren Elementen sich Anfangs spärliche, bald aber reichliche, lymphoide Zellen einlagern, und dass die ganze beschriebene adenoide Formation als eine *modificirte Gefässscheide der Arterienzweige* aufgefasst werden muss. Während nun beim Meerschweinchen die adenoide Umwandlung der Gefässscheide sich continuirlich bis auf die feineren Arterienzweige forterstreckt und an den letzteren auch auf das adventitielle Bindegewebe übergreift, beschränkt sie sich bei anderen Thieren, und namentlich auch beim Menschen, auf einzelne, mehr umschriebene Stellen der Gefässscheide, so dass grössere oder kleinere, follikelartige adenoide Bildungen entstehen, welche absatzweise an dem Verlauf der Arterien hervortreten. Es sind dies die *Malpighi'schen Körperchen* (*Milzkörperchen*). Ihr Verhältniss zu den arteriellen Aestchen kann insoferne verschieden sein, als die lymphoide Infiltration sich einmal ringsum auf die ganze Gefässscheide erstreckt, das Körperchen also von der Arterie durchbohrt erscheint, ein anderes Mal aber sich auf eine Seite der Arterie beschränkt und so das Körperchen seitlich derselben aufsitzt. Besonders häufig trifft man sie an den Astwinkeln der kleineren Zweigchen. Die Abgrenzung dieser adenoiden Formationen von den umgebenden Geweben ist manchmal eine sehr scharfe, wenngleich man keine besondere umhüllende Schichte derselben wahrnehmen kann. In anderen Fällen aber lässt sich deutlich ihr continuirlicher Zusammenhang mit den sogleich zu beschreibenden Pulpasträngen erkennen. In den übrigen Abschnitten zeigt die arterielle Gefässscheide noch einen deutlich fibrillären Bau, wenngleich sich immerhin ein auffallend grosser Gehalt an kugeligen Zellen zwischen den leimgebenden Fibrillenbündeln nachweisen lässt.

Als *Pulpa* der Milz bezeichnet man bekanntlich jene roth gefärbte, weiche, fast zerfliessliche Masse, welche man mit dem Messer von der Schnittfläche des Organes abstreifen oder durch Druck von aussen an einer eingeschnittenen Stelle hervorquellen machen kann. Diese Masse besteht aus den Trümmern eines der Milz eigenthümlichen Gewebes — *Pulpagewebe* — welche mehr oder weniger mit Blut vermengt sind. Daher die verschiedenen Nuancen ihrer Farbe. — Das Pulpagewebe zeigt eine nahe Verwandtschaft zu dem adenoiden Gewebe, insoferne, als es ebenfalls aus einem zelligen Reticulum und in

dasselbe eingelagerten Formelementen zusammengesetzt ist. Das Reticulum (zuerst durch *Billroth* beschrieben) zeichnet sich durch besondere Feinheit der Zellenausläufer und durch kleine, stets rundliche Maschenräume aus, ohne dass der Wesenheit nach ein Unterschied von dem der Lymphknoten bemerkbar wäre. Die eingelagerten Formelemente sind nun aber verschiedener Art. Zum grössten Theil sind es gewöhnliche, lymphoide Zellen von 5·5—10 μ Durchmesser, zum Theil aber noch grössere farblose, mitunter mehrkernige Rundzellen, dann sog. Körnchenzellen, Blutkörperchen führende Zellen, und endlich freie, farbige Blutzellen. Die letzteren erscheinen häufig in mehr weniger deformirtem Zustande. Nebstdem bildet einen regelmässigen Bestandtheil des Pulpagewebes ein eigenthümliches, hellgelbes oder rostbraunes Pigment, welches bald in Gestalt unregelmässiger Krümmelchen und Körnchen, bald aber in Form von kleinen, scharf umgrenzten Kügelchen vorkommt und entweder von den zelligen Elementen aufgenommen oder frei neben ihnen gelagert sein kann. Alle diese geformten Bestandtheile sind in wechselnden Mengenverhältnissen in den Maschen des Reticulum eingelagert. Wenngleich zumeist die lymphoiden Zellen in hervorragender Anzahl vorhanden sind, so begegnet man doch an manchen Stellen besonders reichlich den blutkörperführenden und mehrkernigen Zellenformen; in manchen Milzen ist das Pigment in auffallender Menge vertreten.

Das Gewebe der Milzpulpa ist allerwärts zu kurzen, cylindrischen Strängen, den *Pulpasträngen* geformt, welche netzartig unter einander zusammenhängen und die Zwischenräume des Septensystemes nach allen Richtungen durchziehen. Ihre Anordnung kann völlig mit den Marksträngen in den Lymphknoten verglichen werden. So wie die letzteren mit den Rindenfollikeln in Continuität stehen, ebenso ist auch ein vielfacher Zusammenhang der Pulpastränge mit den *Malpighi'schen* Körperchen nachweisbar.

Die grösste Schwierigkeit bei der Untersuchung des Baues der Milz bereitet die Anordnung der *kleineren Blutgefässe* und ihr Verhältniss zu den Pulpasträngen. Man ist denn auch heute sehr verschiedener Anschauung über diesen Punkt.

Nach eigenen Erfahrungen muss ich hierüber folgendes aussagen. Die Aeste der Milzarterie geben während jener Strecke ihres Verlaufes, in welcher sie mit den entsprechenden Venen beisammenliegen, zahlreiche kleinste Zweigchen an die Gefässscheide, respective an die *Malpighi'schen* Körperchen ab, welche rasch in enge Capillaren zerfallen, deren Maschenanordnung eine ziemlich unregelmässige ist. Es scheint, dass innerhalb der *Malpighi'schen* Körperchen kein Uebergang der Capillaren in Venen erfolgt, sondern dass die ersteren zum Theil

in die Pulpastränge übertreten, zum Theil aber in das die *Malpighi'schen* Körperchen umgebende Venennetz einmünden. Dasselbe gilt überhaupt für die Gefässscheide, soweit sie den adenoiden Gewebscharakter trägt. *Die Endzweigchen der Arterien* zerfallen, ohne unter einander zu anastomosiren, in feine, langgestreckte Capillaren, welche sich sowohl in den bindegewebigen Dissepimenten, als auch häufig eine Strecke weit innerhalb der Pulpastränge verfolgen lassen.

Die *Venen* wurzeln in einem reich entwickelten Netzwerk dünnwandiger, stark ausdehnbarer Gefässchen, welche von *Billroth* zuerst dargestellt und als *capillare Venen* der Milz bezeichnet worden sind. Dieses Gefässnetz erstreckt sich allerwärts durch die Räume, welche zwischen den Pulpasträngen und den Bindegewebssepten übrig bleiben. und kann bei Meerschweinchen und bei der Ringelnatter durch vorsichtige Injection mit Leimmassen sehr gut zur Ansicht gebracht werden (Fig. 102 B.) Es zeigen sich dabei die capillaren Venen allerseits durch eine endotheliale Wandung begrenzt und als völlig geschlossene Röhrchen. Sehr leicht kann man sehen, wie sich aus den letzteren baumartig kleine Venenstämmchen sammeln, welche ohne gegenseitige Anastomosen zu grösseren Venen zusammenfliessen. An Zupfpräparaten begegnet man häufig blassen, spindelförmigen Zellen — früher *Milzfasern* genannt — welche nichts anderes sind, als die isolirten Endothelzellen der capillaren Venen.

In Betreff des Zusammenhanges der arteriellen Capillaren mit den capillaren Venen muss ich mich an *Billroth, Gray, Kölliker, Wedl* u. A. anschliessen, welche die direkte Einmündung der ersteren in die letzteren beschrieben haben. Allerdings muss eingestanden werden, dass der thatsächliche Nachweis einer solchen nur in einzelnen Fällen gelingt: aber nichtsdestoweniger haben derartige, wenn auch seltener aufstossende, positive Beobachtungen vollen Anspruch auf Berücksichtigung.

Im Gegensatz zu der Annahme eines allseits geschlossenen Gefässsystemes wird von vielen neueren Autoren (*W. Müller, Frey, Krause*) die Existenz eines wandungslosen — *lakunären* — Blutstromes behauptet, welcher im Bereiche der Pulpastränge zwischen die arteriellen Capillaren und das Venennetz eingeschoben wäre.

W. Müller, welcher zuerst diese Anschauung vertreten hat, sagt, dass die arteriellen Capillaren nach kürzerem oder längerem Verlauf ihre geschlossene Wandung derart verlieren, dass sie in mehrere faserähnliche Streifen zerfallen, welche mit dem reticulären Stützgewebe zusammenfliessen; das Blut ergiesse sich nun frei zwischen die Formelemente des Pulpagewebes. Der Rückfluss des Blutes in die capillaren Venen wäre dadurch ermöglicht, dass dieselben als feine Röhrchen mit siebförmig durchbrochenen Wandungen beginnen und erst allmälig eine vollständig abgeschlossene, endotheliale Wandung erhalten. Als Beweisführung für seine Darlegung führt *W. Müller* an, dass in dem Gewebe der Pulpa constant farbige

Blutzellen gefunden werden, und dass sowohl gewöhnliche Injectionsmasse, als auch Lycopodiumsamen, durch die Blutgefässe eingespritzt, gewöhnlich zwischen den Formelementen des Pulpagewebes erscheinen. Dass diese Thatsachen die *Müller'sche* Anschauung keinesfalls zwingend beweisen, ist leicht ersichtlich; denn die Ueberwanderung der farbigen Blutzellen durch geschlossene Gefässwände ist an vielen anderen Orten beobachtet worden. Was aber die Beurtheilung der Injectionsbefunde betrifft, kann auf Seite 365 und 368 verwiesen werden.

Es ist noch zu erwähnen, dass *Stieda*, welcher ebenfalls eine intermediäre Blutbahn in der Milz beschrieben hat, dieselbe nicht in wandungslose Lakunen, sondern in ein besonderes, feines, die Pulpazellen umspinnendes Kanälchennetz verlegt. *Wedl* theilt neuerdings mit, dass häufig Zweigchen der Milzarterie, ohne vorerst in Capillaren überzugehen, sich in venöse Gefässe ergiessen.

Es stehen sich somit dermalen, minder wesentliche Differenzen abgerechnet, vier verschiedene Anschauungen über die Beschaffenheit des Blutstromes in der Milz gegenüber: geschlossenes Gefässsystem mit direktem Uebergang der arteriellen Capillaren in das capillare Venennetz — geschlossenes Gefässsystem mit zwischen beiden eingeschaltetem, intermediärem Kanalsystem — intermediäre wandungslose Blutbahn in den Pulpasträngen zwischen Capillaren und Venen — endlich noch theilweise direkter Uebergang von Arterienzweigen in Venen.

Die *Lymphgefässe* der Milz werden gewöhnlich in oberflächliche und tiefe eingetheilt. Die ersteren gehören der Kapsel an und sind nach *Wedl* bei Pferd und Schaf zu zwei über einander geschichteten Netzen geordnet: das oberflächlichere (eigentlich dem Bauchfell angehörige) besitzt engere Capillaren mit weiten Netzen; das tiefere ist durch weite, buchtige, reichlich unter einander anastomosirende Röhren ausgezeichnet. Von ihnen zweigen sich Ausläufer ab, welche in das bindegewebige Septensystem eintreten und in demselben sich weit in das Innere der Milz verfolgen lassen. Sie scheinen auch besondere, durch den Hilus der Milz ausführende Abzugswege zu besitzen. Das Verhältniss der Pulpastränge und der *Malpighi'schen* Körperchen, sowie der lymphathischen Gefässscheide zu dem Lymphgefässsystem bedarf erst einer weiteren Aufklärung. Die Mittheilungen der Autoren, welche sich mit diesem Gegenstand besonders beschäftigt haben — *Tomsa*, *Kyber*, *Wedl* u. A. — gehen sehr weit aus einander. Besonders zu bemerken ist, dass *Tomsa* dieselben Räume, welche *W. Müller* u. A. als lakunäre Blutbahnen bezeichnen, von den Lymphgefässen aus injiciren konnte, und sie als die Wurzeln derselben ansieht. Es liegt darin der sprechendste Beweis, dass derartige Injectionsergebnisse stets nur mit der grössten Reserve zu beurtheilen sind. — Für die Milz des Menschen ist von den Lymphgefässen fast gar nichts bekannt. *Kyber* beschreibt solche in dem bindegewebigen Septensystem.

Die Nerven der Milz treten in beträchtlicher Zahl als Bündel von zumeist marklosen Fasern durch den Hilus ein und verlaufen an der Seite der grossen Gefässe. Es ist wahrscheinlich, dass sie ausschliesslich zur Versorgung der Muskulatur der Blutgefässe bestimmt sind.

V. Kapitel.

Der Verdauungs-Apparat.

Allgemeines über Schleimhäute und Drüsen.

A. Von den Schleimhäuten.

Der Verdauungskanal, gewisse Abtheilungen des Respirations- und des Urogenital-Apparates, sowie auch einzelne Bestandtheile der Sinneswerkzeuge stellen verschieden geformte, meist röhrenartige Hohlorgane dar, deren innere Wandschichte als *Schleimhaut* bezeichnet wird. Da alle diese Hohlorgane entweder direct, oder nach vorgängiger Vereinigung einzelner derselben unter einander an der Körperoberfläche ausmünden, so stehen alle Schleimhäute mit der äusseren Bedeckung des Körpers in continuirlichem Zusammenhang. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass gewisse Schleimhäute aus Einstülpungen der äusseren Haut hervorgehen; es darf daher nicht auffallen, dass beide mancherlei Uebereinstimmendes in ihren Bauverhältnissen aufweisen. Aber auch jene Schleimhäute, welche mit Zuhülfenahme des Hypoblast sich unabhängig von der äusseren Haut entwickeln, zeigen in ihren histologischen Charakteren eine nicht zu verkennende Analogie mit der letzteren.

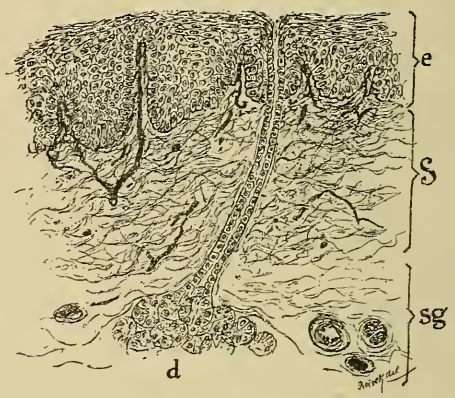
Wir unterscheiden zunächst an einer jeden Schleimhaut eine oberflächliche Schichte — das *Epithelium* — und eine tiefer gelegene — den *bindegewebigen Antheil* derselben.

1. **Der bindegewebige Antheil** der Schleimhaut bildet die eigentliche Grundlage, das mechanische Gerüst derselben; er ist der Träger ihrer Gefäss- und Nerven-Ausbreitungen und vermittelt ihren Zusammenhang mit den nachbarlichen Gebilden. Nach Lage und Fügung zerfällt derselbe in zwei, wenn auch nicht stets scharf von einander abgegrenzte, so doch wohl charakterisirte Schichten, deren oberflächliche durch festere Verwebung der bindegewebigen Elemente zu einer mehr weniger selbständigen, isolirbaren Membran sich gestaltet. Man nennt sie die *eigentliche Schleimhaut, Schleimhaut im*

engeren Sinne, *Tunica propria* (*Henle*). Von ihr unterscheidet sich die tiefer gelegene Schichte — die *Tunica submucosa*, das *submucöse Bindegewebe* — im allgemeinen durch eine lockerere Fügung der Elementartheile, vermöge welcher sie nur selten als Ganzes für sich isolirbar ist, sondern gewissermassen als ein unselbständiges Bindeglied zwischen der Tunica propria und den unterliegenden Gebilden erscheint.

An der *Tunica propria*, deren histologische Elemente in den verschiedenen Schleimhäuten nach Beschaffenheit und Anordnung mancherlei Abweichungen zeigen, interessirt von allgemeinen Gesichtspunkten aus vorerst die Gestaltung ihrer, dem Epithel zugewendeten Oberfläche. Diese ist in den seltensten Fällen völlig flach und eben,

Fig. 103.



Senkrechter Durchschnitt durch die Schleimhaut der Lippe eines 3 Monate alten Kindes, als Typus einer papillentragenden Schleimhaut. Blutgefässe mit Berlinerblau injicirt. Carmintinction. (Hartnack, Syst. IV, Ocul. 2.)
e. Epithelschichte. S. Tunica propria. sg. Tunica submucosa. d. Schleimdrüse mit ihrem Ausführungsgang.

sondern gewöhnlich mit zahlreichen kleineren oder grösseren Erhabenheiten versehen, welche bestimmten Abschnitten der Schleimhäute ein ganz besonderes Gepräge verleihen. Sehr häufig treten dieselben in Form der *Papillen* oder *Wärzchen* auf; das sind kleine, gestreckt kegelförmige Erhebungen des Gewebes der Tunica propria, welche bei 20—50 μ Breitendurchmesser das Niveau der letzteren in der verschiedensten Höhe — bis zu 300 μ und mehr überragen. Allerorts, wo Schleimhautpapillen vorkommen, ist das unmittelbar aufliegende Epithel aus vielfachen Lagen von Zellen zusammengesetzt und füllt mit diesen die Vertiefungen zwischen den Papillen vollkommen aus, so dass die freie Schleimhautoberfläche durch das Epithel vollkommen geglättet wird. Eine andere Art von Schleimhauterhebungen bilden die *Zotten* — *Villi* —. Ihre Form ist verschieden: cylindrisch, kegelförmig oder auch von einer Seite her abgeplattet, selbst blattartig;

sie erreichen 100—500 μ in der Breite und bis zu 1 Millimeter in der Länge. Sie sind stets nur von einschichtigem Epithel bedeckt und ragen mit ihrer ganzen Länge über die freie Schleimhautoberfläche vor, welche in Folge dessen ein sammtartiges Aussehen gewinnt. Anstatt der Zotten treten hie und da in längeren Zügen verlaufende kamm- oder leistenartige Schleimhauterhebungen auf.

Es bedarf wohl kaum des Hinweises, dass durch alle diese Formationen eine ganz ausserordentliche Vergrösserung der Oberfläche der Tunica propria und speciell durch die Zotten und Leisten auch der gesammten freien Schleimhautfläche erzielt wird.

Von ihnen sind wohl zu unterscheiden gewisse *Faltenbildungen* der Schleimhäute, welche als wahre Duplicaturen derselben vorkommen und eine Lage von submucösem Bindegewebe zwischen sich fassen. Es gibt solche Faltungen, welche unter allen Umständen sich erhalten und daher wohl auch den Namen Klappen oder Ligamente führen, neben viel zahlreicheren anderen, welche transitorisch sind, bei Verengerung der schlauchförmigen Organe entstehen, bei ihrer Ausdehnung sich wieder ausgleichen und völlig verschwinden.

Ausser den besprochenen Oberflächenformationen der Tunica propria sind für gewisse Abschnitte der Schleimhäute besondere Einlagerungen differenter Gewebsbestandtheile von Wichtigkeit. Als solche sind *Muskeln, Drüsen* und *adenoides Gewebe* zu nennen.

Die *muskulösen Elemente,* gewöhnlich glatte Fasern, sind zum Theil mehr vereinzelt oder doch als kleine, isolirte Bündel in verschiedenen Tiefen der Schleimhaut und nach mannigfachen, mitunter sehr regelmässigen Richtungen vertheilt. Sie erstrecken sich nicht selten bis an die Papillen heran, ja sie stellen oftmals sogar wesentliche Bestandtheile der zottenartigen Schleimhauterhebungen dar. Anderentheils bildet es ein sehr weitverbreitetes Vorkommniss, dass an der Grenze zwischen Tunica propria und submucosa eine wenn auch dünne, so doch ganz continuirliche Lage von glatten Muskelfasern eingeschaltet ist, welche unter dem Namen der *Tunica muscularis mucosae,* wohl auch als eigene Schichte der Schleimhaut aufgeführt wird. Die Muskelfasern halten in derselben meist eine gegen einander rechtwinklig gekreuzte Richtung ein, und sind entweder mattenartig unter einander verflochten oder aber in zwei gesonderte Lagen, die eine mit längs, die andere mit quer verlaufenden Fasern vertheilt.

Die Einlagerung von *Drüsen* in die Tunica propria betrifft vornemlich die Schleimhaut des Magens und Darmes und der Gebärmutter. Da dieselben durchgehends von schlauchartiger Gestalt und in senkrechter Richtung zur Oberfläche, an welcher sie ausmünden, eingepflanzt sind, so entspricht jeder einzelnen Drüse eine cylindrische

tiefgreifende Einbuchtung der Tunica propria als ihre Lagerstätte. (Vergl. Fig. 120.) Kommen nun, wie im Magen und Darm, diese Drüsen in sehr grosser Zahl vor, so kann die Tunica propria annähernd die Gestaltung einer Honigwabe erhalten und an Masse gegenüber den ersteren auffallend zurückstehen.

Das *adenoide Gewebe* findet sich an verschiedenen Stellen mancher Schleimhäute entweder als eine ganz diffuse Masse in grösserer oder geringerer Ausbreitung, oder in Gestalt wohl differenzirter, entweder einzelner oder zu Gruppen geordneter Follikel. Bei einigermassen stärkerer Entwicklung geben solche Einlagerungen zu umschriebenen, flachen oder hügelartigen Verdickungen der Schleimhaut Veranlassung.

Fig. 104.

Senkrechter Durchschnitt durch die Dickdarmschleimhaut eines neugebornen Kindes, als Typus einer Schleimhaut mit einfachem Epithel und eingelagerten Schlauchdrüsen. Injection mit Berlinerblau, Carmintinction. (Hartnack, Syst. IV, Ocul. 3).
S. Tunica propria mit einfachen Schlauchdrüsen. mm. Muscularis mucosae. sg. Submucosa. me. Muscularis externa.

Die *Tunica submucosa* (die *Lamina cellularis* der älteren Anatomen) besteht gewöhnlich aus lockerem, weitmaschigem, fibrillärem Bindegewebe; nur an einzelnen Stellen gewinnt sie eine festere, einer fibrösen Membran ähnliche Beschaffenheit. Sei es nun, dass sie von der Tunica propria durch eine mehr weniger scharfe Grenze geschieden ist, oder dass sie ganz unmerklich in dieselbe übergeht, immer stehen ihre fibrillären Elemente in continuirlichem Zusammenhang mit denen der Tunica propria. Dasselbe gilt auch bezüglich der die Schleimhaut umgebenden Gewebe; ruht dieselbe, wie es grösstentheils der Fall ist, auf einer Muskelschichte auf, so ist es das intramusculäre Bindegewebe, in welches die Fibrillen der Submucosa übergehen; in anderen Fällen aber auch Periost, Perichondrium oder andere fibröse Membranen.

Einlagerungen anderartiger Gewebsformationen in das submucöse Bindegewebe kommen sehr häufig zur Beobachtung, und zwar sind es wieder *Drüsen* — gewöhnlich der sog. *traubigen Form* — und *adenoides Gewebe* in diffuser oder folliculärer Anordnung, seltener *musculöse* Elemente. Nebstdem fällt in die Submucosa die gröbere Verästlung der für die Schleimhaut bestimmten Blutgefässe, der Zusammenfluss der feineren Lymph- und Chylusgefässe und endlich eine reiche netzartige Ausbreitung von Nerven, häufig mit vielfach eingeschalteten gangliösen Formationen*).

*) Die erst in eine jüngere Zeit fallende Erkenntniss des grossen Nervenreichthums mancher Abschnitte der Tunica submucosa hat auch den alten Namen

2. **Das Epithelium** *) bekleidet die innere Oberfläche der Tunica propria der Schleimhäute und stellt ein continuirliches Häutchen dar, dessen eine Fläche — die Basalfläche — der letzteren unmittelbar aufruht. Die zelligen Elemente, aus welchen die Epithelialschichte aufgebaut ist, sind bereits (Seite 58) hinreichend gewürdigt worden; es bleiben daher nur die verschiedenen Typen ihrer Anordnung im Allgemeinen zu besprechen, welche letztere, nebst der Form der betheiligten Zellen, als Eintheilungsgrund für die verschiedenen Arten der Epithelialmembranen gebraucht zu werden pflegt.

Man unterscheidet demnach Epithelien, welche nur aus einer einzigen Lage von Zellen zusammengesetzt sind — *einschichtige Epithelien* — und solche, welche aus mehreren Lagen über einander geschichteter Zellen bestehen — *mehrschichtige Epithelien.*

a) Die **einschichtigen** Formen sind nach der Gestalt der sie constituirenden Zellen benannt, und werden als *Plattenepithelium*, *Pflasterepithelium* und *Cylinderepithelium* unterschieden.

Von diesen Formen besitzt das *Cylinderepithelium* (Fig. 121) die grösste Verbreitung, indem es sich durch den ganzen Darmkanal, von der Cardia des Magens bis zur Afteröffnung erstreckt und ausserdem den Ausführungsgängen der meisten Drüsen, sowie gewissen Abschnitten des Respirations- und Genitalapparates eigen ist. Seine Elemente sind langgestreckte Zellen, welche nur selten die reine Cylinderform zeigen, sondern meist durch gegenseitige Abplattung prismatische Gestalt angenommen haben und gegen das Basalende hin zugespitzt auslaufen, wesshalb sie mehr einem Kegel oder einer Pyramide ähnlich sehen (Fig. 11 B.). Sie haften mit ihren langen Seiten unter Vermittlung einer geringen Menge von Kittsubstanz an einander und wenden der freien Oberfläche ihre ebene oder leicht convex ausgebogene Endfläche zu. Da sonach bei der Betrachtung des Cylinderepithels von der Oberfläche her alle seine Zellen im optischen Querschnitt erscheinen, so gewinnt man die Ansicht von lauter kreisförmigen oder polygonalen Feldern, deren jedes einen von scharfem, kreisrundem Contour begrenzten Kern enthält.

Man kann sich solche Bilder leicht in grosser Menge verschaffen, wenn man von der Darmschleimhaut eines beliebigen Thieres, sei es in frischem oder gehärtetem Zustande, mittelst einer Messerklinge einen kleinen Theil des Epitheliums

---

Tunica nervea für sie wieder mehr in Gebrauch gebracht, welcher (durch *Willis*) allerdings nicht in diesem Sinne eingeführt worden war; denn zu jener Zeit waren *Fibrae nerveae* und *Fibrae tendineae* synonyme Bezeichnungen.

*) Der Name stammt von ἡ θηλή — papilla, eigentlich die Brustwarze, und wurde zuerst von *Ruysch* für das zellige Oberhäutchen, welches die Schleimhautpapillen der Lippen bedeckt, in Anwendung gezogen.

ablöst. Da an derartigen Präparaten stets auch eine Anzahl von Zellen, entweder isolirt, oder in kleinen Gruppen vorliegt, welche dem Beobachter ihre langen Seiten zuwenden, so kann über ihre Formverhältnisse weiter kein Zweifel bestehen, ebensowenig darüber, dass ihr Kern, nicht wie es bei der Ansicht von oben her scheint, kugelförmig, sondern vielmehr in die Länge gestreckt, ellipsoidisch ist.

Andere Verhältnisse des Cylinderepitheliums lassen sich viel besser an feinen Querdurchschnitten, welche durch die oberflächlichen Partheen einer gehärteten Schleimhaut geführt und mit Färbemitteln behandelt worden sind, nachweisen. Dahin gehört insbesondere das Vorkommen und die Vertheilung der bereits früher (Seite 63) erwähnten *Ersatzzellen*. Dieselben, von kugeliger oder pfriemenförmiger Gestalt, finden sich in wechselnder Menge zwischen den verjüngten Basalenden der typischen Epithelzellen eingelagert. Mit ihrer Bedeutung als jugendliche, in Bildung begriffene Zellen steht es wohl in Einklang, dass man öfters verschiedene Präparate durchmustern muss, bis man sie zur Ansicht bekömmt. Man findet sie dann häufig ganz vereinzelt, an anderen Stellen jedoch in so grosser Zahl, dass scheinbar auf eine jede Cylinderzelle eine Ersatzzelle kommt. Sind keine Ersatzzellen vorhanden, so sind die zwischen den verschmälerten Enden der Epithelzellen befindlichen Zwischenräume von der Kittsubstanz ausgefüllt. Die letztere kann durch Behandlung des frischen Gewebes mit *Müller'scher* Flüssigkeit zur Gerinnung gebracht werden und erscheint dann an Zupfpräparaten häufig in Gestalt von feinen, kurzen Stäbchen isolirt. Hat man an solchen Objekten das Epithel abgelöst, so hinterbleibt auf der Oberfläche der Schleimhaut nicht selten eine feine, netzförmige Zeichnung, welche durch die zurückgebliebenen Kittsubstanzleistchen hervorgerufen ist.

Das Vorkommen von *Becherzellen* zwischen den gewöhnlichen Zellen des Cylinderepithels wird sehr häufig beobachtet, jedoch ist die Zahl derselben eine äusserst wechselnde; sehr reichlich finden sie sich mitunter an dem Epithelium des Darmes.

Das Pflasterepithelium ist aus Zellen von kubischer oder polyedrischer Form zusammengesetzt. Es kommt im Wirbelthierkörper nur an einzelnen beschränkten Stellen (Paukenhöhle, lobuläre Bronchien) vor.

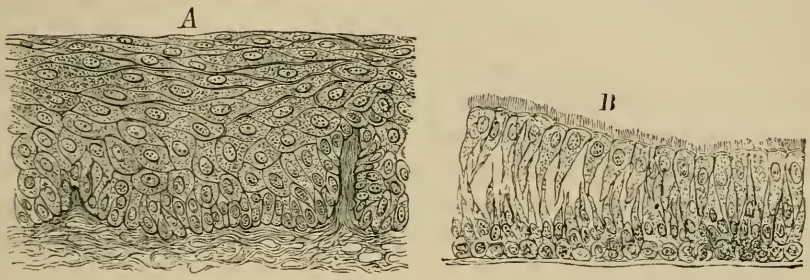
Das *Plattenepithelium* besteht aus flachen, polygonalen Zellen von mehr oder minder regelmässiger Form; auch die Zellkerne sind abgeflacht und besitzen einen kreisrunden oder elliptischen Umriss. Es kommt fast ausschliesslich als Bekleidung der serösen Räume vor und wurde als solche früher den Endothelien zugezählt (Fig. 98 b.).

b) **Die mehrschichtigen Epithelien.** Sie treten unter verschiedenen Formen auf; ihre typischen Repräsentanten sind: das *geschichtete Pflasterepithelium* und das *geschichtete Cylinderepithelium*.

Das geschichtete Pflasterepithelium (Fig. 105 A.) kommt in seiner reinen Form dem Anfangstheil des Verdauungsapparates — von der Mundhöhle bis an die Einpflanzung der Speiseröhre in den Magen — der nächsten Umgebung des Afters, dem Eingange der Nase, den wahren Stimmbändern, ferner der Bindehaut und der Hornhaut des Auges, den Thränenröhrchen, der Scheide und Harnröhre des Weibes zu.

Ueberblickt man so die Verbreitung dieser Epithelform, so ergibt sich, dass sie vornehmlich jenen Hohlräumen eigen ist, welche ursprünglich aus Einstülpungen der äusseren Körperoberfläche hervorgegangen sind. Sie schliesst sich denn auch an den Mündungen dieser Körperhöhlen der epithelialen Bedeckung der äusseren Haut (der Epidermis)

Fig. 105.



Zwei Querdurchschnitte durch geschichtete Epithelialhäute.

A. Geschichtetes Pflasterepithel aus der Speiseröhre der Katze.

B. Geschichtetes, flimmerndes Cylinderepithel aus dem Kehlkopf des Pferdes. Nach links hin sind die oberflächlichsten Zellen etwas abgehoben, so dass die Formen der tieferen Zellen deutlicher erkannt werden können. (Hartnack, Syst. VIII. Ocul. 2.)

unmittelbar an und zeigt mit der letzteren, entsprechend der gemeinschaftlichen Herkunft aus dem äusseren Keimblatte eine grosse Uebereinstimmung in dem histologischen Verhalten.

Dass geschichtetes Pflasterepithel und Epidermis eine und dieselbe Gewebsform darstellen, und die zwischen beiden bestehenden Differenzen lediglich in äusseren Verhältnissen begründet sind, wird am besten dadurch illustrirt, dass unter krankhaften Umständen (z. B. bei sogen. Vorfall der Scheide) das geschichtete Pflasterepithel alle Charaktere der Epidermis annimmt.

Das geschichtete Pflasterepithelium studirt man am besten an feinen Durchschnitten, welche in genau senkrechter Richtung zu der Oberfläche des gehärteten Objektes angefertigt worden sind; jedoch dürfen auch Zupfpräparate nicht vernachlässigt werden. Für die erste Beobachtung ist besonders die Schleimhaut der Speiseröhre zu empfehlen.

Beim Aufbau des geschichteten Pflasterepitheliums betheiligen sich Zellen der verschiedensten Form (Fig. 105 A.). Das tiefste Stratum, welches auf bindegewebiger Grundlage aufruht, wird stets von einer Schichte gestreckter, cylinderähnlicher, spindelförmiger oder pfriemenförmiger Zellen hergestellt. Auf dasselbe folgen eine oder mehrere

Lagen von rundlichen oder auch wohl etwas abgeplatteten Zellen, deren Formen übrigens höchst mannigfach erscheinen können, da sie mit grösseren oder kleineren Fortsätzen in die Zwischenräume benachbarter Zellen eingreifen. Die Zellen dieser Lagen sind es auch, welche am allerdeutlichsten eine gerippte oder gezackte Oberfläche erkennen lassen (Riffzellen). Je weiter nach der Oberfläche zu, desto mehr abgeplattet erscheinen die Zellen, desto mehr aber vergrössert sich auch ihr Breitendurchmesser; die obersten Lagen bestehen ganz ausschliesslich aus dünnen, platten- oder schuppenförmigen Zellen, welche sich auf dem Querschnitte in Gestalt einfacher Linien präsentiren. Alle diese verschiedenen Zellenformen zeigen scharf begrenzte Kerne mit deutlichen Kernkörperchen und zwar die tieferen kugelige, die oberflächlichen aber abgeplattete, wohl auch eckige oder verschrumpfte Kerne. In diesem Umstande liegt ein durchgreifender, morphologischer Unterschied zwischen dem geschichteten Pflasterepithel der Schleimhäute und zwischen der Epidermis, indem bei letzterer die oberflächlichen, verhornten Zellen stets kernlos sind. In Betreff der gegenseitigen Lagerung der Zellen unserer Epithelart ist zu bemerken, dass alle die rundlichen und platten Zellen dachziegelförmig über einander geschichtet sind, so dass immer je eine Zelle die Ränder mehrerer über und unter ihr gelegener Zellen deckt.

Innerhalb des durch die vorstehenden Eigenschaften gezogenen Rahmens kommen an den verschiedenen, mit geschichtetem Pflasterepithel versehenen Schleimhäuten nicht unerhebliche Differenzen desselben vor, welche zum grössten Theile mit der wechselnden Mächtigkeit des Epithelialstratums in Zusammenhang stehen und sich hauptsächlich auf die Anzahl der Zellenlagen und auf die Grössenverhältnisse der einzelnen Zellen beziehen. Die Dicke des Epithelstratums aber variirt nicht nur nach den verschiedenen Oertlichkeiten, sondern auch nach dem Alter des Individuums und nach den verschiedenen Thiergattungen; namentlich wächst die Anzahl der Zellenschichten mit der Grösse der Thiere (*Riedel*).

Das geschichtete Cylinderepithelium (Fig. 105 B.) gehört in seiner typischen Gestaltung der Schleimhaut des Kehlkopfes, der Luftröhre und der stärkeren Bronchien und zum Theil auch der Schleimhaut der Nase und ihrer Nebenhöhlen an. Die Zellen, welche es zusammensetzen, sind ihrer Form nach von dreierlei Art. In tiefster Schichte sitzt eine Lage von kugelförmigen, häufig mit einem oder mehreren feinen Ausläufern versehenen Zellen (*Basalzellen*); auf diese folgen spindelförmige, nach beiden Seiten zugespitzte Zellen, während die der obersten Lage pyramiden- oder cylinderähnlich sind, jedoch an ihrem Basalende in einen dünnen Fortsatz auslaufen. Die Anordnung dieser

verschiedenen Zellen ist derart, dass die mittleren, spindelförmigen Zellen einerseits zwischen die Basalenden der oberflächlichen, und andererseits in die zwischen den tiefen kugelförmigen Zellen bestehenden Zwischenräume hineinragen. An manchen Orten (z. B. an den Bronchialzweigen kleineren Kalibers) fehlt das mittlere Zellenlager gänzlich oder ist nur durch vereinzelte Zellen vertreten; es kann daher für diese Fälle von einem zweischichtigen Epithel die Rede sein. Ob dann die oberflächlichen Cylinderzellen mit ihren zugespitzten Enden zwischen den Basalzellen bis an die Tunica propria reichen oder nicht, ist schwer zu entscheiden.

Während das geschichtete Pflasterepithel in Folge der relativen Festigkeit und der innigen Fügung seiner oberflächlichen Zellenlagen der Schleimhautoberfläche eine mehr derbe Beschaffenheit verleiht, zeichnet sich das geschichtete Cylinderepithel durch grössere Weichheit und Vulnerabilität aus.

Neben den beiden beschriebenen Hauptformen des geschichteten Epithels kommen auf kürzere oder längere Strecken hin noch andere Formen vor, welche eine geringere Regelmässigkeit in ihrer Zusammensetzung aufweisen. Es gehört namentlich hierher das *Uebergangsepithel* (*Henle*), dessen Name davon hergeleitet ist, dass es an gewissen Schleimhauttracten (Urogenitalsystem) streckenweise zwischen zwei andere Epithelformen eingeschaltet ist, gewissermassen den Uebergang zwischen beiden vermittelnd. Es steht seinem Bau und seiner ganzen Beschaffenheit zufolge dem geschichteten Pflasterepithel nahe, zeichnet sich jedoch vor demselben durch eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Zellenformen aus; die Zahl der Schichten ist stets nur eine geringe, insbesondere ist nur eine einzige oberflächliche Lage flacher Zellen vorhanden, welche übrigens niemals zu so dünnen Schüppchen werden, wie solche dem geschichteten Pflasterepithel eigen sind.

Als eigenthümliche, in ihrer Bedeutung noch nicht sicher erkannte Gebilde, welche sich in den verschiedensten Epithelarten, besonders leicht nach Behandlung derselben mit Chlorgold, auffinden lassen, sind hier die *Langerhans'schen Zellen* zu erwähnen. Es sind dies sternförmige, mit Chlorgold sich intensiv schwarz färbende Zellen, welche in wechselnder Zahl, stets aber nur vereinzelt und zumeist in den tieferen Lagen geschichteter Epithelien vorkommen. Von Einigen wurden sie mit den Nerven, von Anderen mit den Saftbahnen der Epithelien in Beziehung gebracht; die Mehrzahl der Histologen hält sie aber für metamorphosirte eingewanderte Zellen. Auch hat man sie, und wie es scheint, mit Recht als analog betrachtet, mit den bei manchen Thieren im Epithel vorkommenden sternförmigen Pigmentzellen und sie desshalb als „pigmentfreie Pigmentzellen" bezeichnet *(Merkel)*. (Besser würde sich dieses Verhältniss vielleicht so ausdrücken lassen, dass man sagte: In das Epithel eingewanderte Zellen (Leukocyten) können unter Umständen eine sternförmige Gestalt annehmen und körniges Pigment in sich ansammeln.)

In Betreff der *Lebenserscheinungen* der mehrschichtigen Epithelien ist anzuführen, dass die sie constituirenden Elemente zweifelsohne einem verhältnissmässig raschen Wechsel unterworfen sind, welcher sich durch stetige Abstossung der oberflächlichsten Zellenschichten manifestirt. Der Wiederersatz des Verlorengegangenen muss nach Allem, was wir wissen, zunächst auf die Zellen der tiefsten Lagen zurückgeführt werden, durch deren Theilung die erforderliche Anzahl neuer Zellen gebildet wird. Zum Beweis dessen findet man in diesen Schichten nicht selten Kerntheilungsfiguren in den verschiedenen Phasen. Es ist anzunehmen, dass diese jungen Zellen in weiterer Folge unter entsprechender Veränderung ihrer Form und Beschaffenheit allmälig in höhere Schichten vorgeschoben werden, so dass eine und dieselbe Zelle zu verschiedener Zeit verschiedenen Schichten des Epithels angehört hat. Zur gänzlichen Aufklärung dieses interessanten Vorganges sind indessen noch eingehendere Beobachtungen erforderlich.

Einen besonderen Charakter erlangen die Epithelien an gewissen Oertlichkeiten dadurch, dass sie an ihrer freien Fläche mit einem Besatze von Flimmerhaaren (S. 26) versehen sind; sie werden dann als *Flimmerepithelien* bezeichnet. An allen beschriebenen Arten des Epithels, mit Ausnahme des geschichteten Pflasterepithels und des Uebergangsepithels kann Flimmerbesatz vorkommen; fast constant ist er ein Attribut des geschichteten Cylinderepithels.

Eigenthümliche Umbildungen des Epithels — *Zahnschmelz, Haare, Nägel, Krystalllinse, Sinnesepithelien* — werden betreffenden Ortes ihre Würdigung finden.

Alle Epithelien entbehren der Blut- und Lymphgefässe. Für den Verkehr der Ernährungsstoffe und somit für den Stoffwechsel in den Epithelien scheint der Kittsubstanz eine wesentliche Bedeutung zuzukommen. Dies lässt sich daraus erschliessen, dass sie, den Untersuchungen *Thoma's* zufolge, befähigt ist, gelöstes indigoschwefelsaures Natron, welches in die Blutgefässe der lebenden Thiere eingespritzt wird, aus dem unterliegenden Bindegewebe aufzunehmen und zwischen den Epithelzellen weiterzuleiten. Der genannte Forscher vermuthet wohl mit Recht, dass auf diesem Wege während des Lebens auch andere gelöste und diffundirbare Stoffe verkehren dürften. Mehrere Autoren haben auf Grund von Einstichinjectionen (*Key* und *Retzius*, *Klein*), oder nach unmittelbarer Beobachtung frischer oder erhärteter Objekte (*Pfitzner*, *Flemming*) ein System feinster, intercellulärer Kanälchen nachgewiesen, welches mit wahren Lymphgefässen in offener Communication stehen soll. Die Existenz derartiger Kanälchen ist für gewisse Epithelformen und insbesondere für die Epidermis der Amphibien leicht zu bestätigen; hingegen ist ihre Beziehung zu den Lymphgefässen nichts weniger als klargestellt. Bezüglich der Dispositionen, welche durch die Aneinander-

fügung der Riffzellen in den tieferen Lagen der geschichteten Epithelien für die Saftströmung gegeben sind, vergl. S. 61.

Nervenausbreitungen mit freier Endigung feinster Fibrillen zwischen den Epithelzellen sind an den verschiedensten Epithelarten bekannt geworden (vergl. S. 316 u. 317).

B. Von den Drüsen.

Als Drüsen*) werden Organe und Organtheile bezeichnet, deren wesentlichste physiologische Leistung in der Bereitung und Ausscheidung von gewissen, durch spezifische Bestandtheile ausgezeichneten Flüssigkeiten — *Secreten* — besteht. Dieser übereinstimmenden Thätig-

*) Nach dem Sprachgebrauche der Alten verstand man unter *Drüsen* (*glandulae*) die Lymphknoten, insbesondere, wenn sie durch krankhafte Vergrösserung dem Auge und Getaste in sehr auffälliger Weise zugänglich geworden waren; bekanntlich hat sich diese Bezeichnung in diesem Sinne bis heute im Volksmunde erhalten. Als die anatomische Wissenschaft sich mehr und mehr zu entwickeln begann, übertrug man den Namen auf alle grösseren oder kleineren, räumlich gesonderten Organe, welche im äusseren Aussehen (nach Farbe, Consistenz u. dgl.) einige Aehnlichkeit mit den Lymphknoten besitzen. — Man erkannte aber bald, dass manche von diesen „drüsigen" Organen eine Secretflüssigkeit liefern, und stellte dies als einen der hervorragendsten Charaktere der Drüsen hin. (Man hatte wohl auch die Eiterflüssigkeit, welche sich aus erkrankten Lymphknoten ergoss, in dieselbe Kategorie gestellt.) Damit hatte der Begriff der Drüse wesentlich einen *physiologischen* Hintergrund gefunden, und man rechnete fortan auch jene secernirenden Organe und Organtheile dazu, welche der äusseren Erscheinung nach den Lymphknoten ganz ferne stehen. Man unterschied fortan zwischen *secernirenden* und *nicht secernirenden Drüsen*. — Als man später das Verhältniss der Lymphknoten zu dem Lymphgefässsystem erkannte, räumte man ihnen als *Lymphgefässdrüsen* eine gesonderte Stellung ein; die anderen „drüsigen" Organe aber, von denen eine Secretbildung nicht erweislich war, wurden unter der Bezeichnung: *Blutgefässdrüsen*, oder *Drüsen ohne Ausführungsgang* in eine Gruppe zusammengestellt. Zu denselben wurden gezählt: *die Milz*, *die Thymus*, *die Schilddrüse*, *die Nebenniere* und *der Hirnanhang*, sowie *die Steissdrüse* und *die Carotisdrüse*.

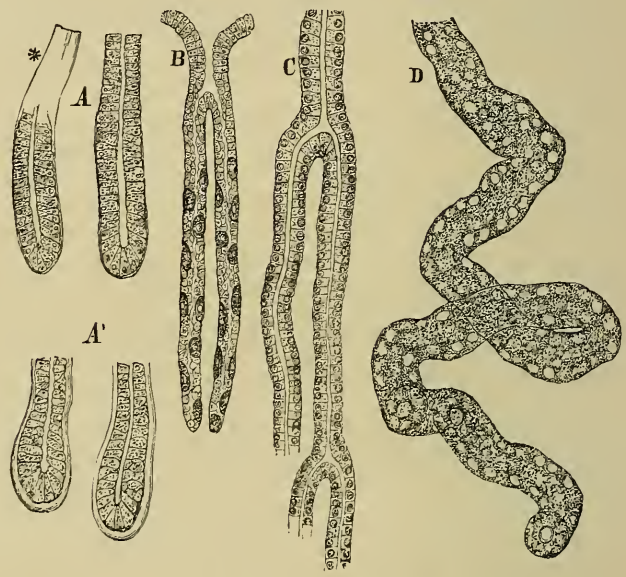
Als *wahre Drüsen* aber führte man nunmehr nur jene auf, welche thatsächlich irgend ein nach Aussen gelangendes, specifisches Secret liefern.

Nach dem Standpunkte unserer gegenwärtigen Kenntnisse bilden die „Glandulae secernentes" den Typus der Drüsen; es müssen ihnen aber aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen auch die Schilddrüse und ein Theil des Gehirnanhanges beigezählt werden. Die Gruppe der Blutgefässdrüsen kann nicht mehr weiter aufrecht erhalten werden, nachdem man erkannt hat, dass die Thymus dem Lymphgefässsystem angehört, die Steissdrüse und Carotidendrüse nichts anderes, als eigenthümliche Blutgefässconvolute darstellen. Die Milz und die Nebennieren aber, deren physiologische und morphologische Dignität noch immer nicht aufgedeckt werden konnte, zeigen nach keiner Richtung hin eine Analogie mit den wahren Drüsen; ihre Stellung im histologischen System muss bis auf Weiteres als eine offene Frage angesehen werden.

keit entsprechend, besitzen auch alle Drüsen, wenngleich sie in den Details ihres Aufbaues die ausserordentlichsten Verschiedenheiten zeigen, gewisse gemeinschaftliche morphologische Eigenschaften. Diese beziehen sich auf die zelligen Elemente, welche wesentlich zu ihrem Aufbau beitragen, auf die Anordnung derselben zu *typischen, primären Formationen* und auf das Verhältniss dieser zu dem Blutgefässsystem.

Die zelligen Elemente der Drüsen ordnen sich nach Art einschichtiger Epithelien an einander *und formen die unmittelbaren Wan-*

Fig. 106.



Verschiedene Formen schlauchförmiger Drüsen.

A. Einfache, kurze Schlauchdrüsen (*Lieberkühn'sche* Drüsen aus dem menschlichen Darm). Bei * sind die Secretionszellen ausgefallen, und die Membrana propria isolirt sichtbar.

A'. Ebensolche Schlauchdrüsen aus der Conjunctiva palpebralis des Menschen.

B. Getheilte schlauchförmige Drüse (Labdrüse aus dem Magen der Katze).

C. Dichotomische Ramification eines Drüsenröhrchens (Harnkanälchen aus der Nierenpyramide eines Hundes).

D. Gewundenes Drüsenröhrchen aus der Nierenrinde eines Kaninchens.

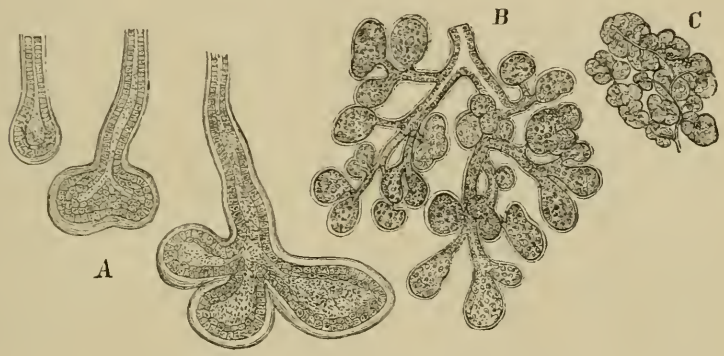
A. A' und D. mit Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2, B. u. C. mit Syst. V, Ocul. 2.

dungen mikroskopisch kleiner, verschieden gestalteter Hohlräume, welche entweder, ein jeder für sich, an der Oberfläche einer Schleimhaut (beziehentlich der äusseren Haut) ausmünden, oder aber in grösserer oder kleinerer Zahl mit einander sich vereinigen, um mittelst eines gemeinsamen ausführenden Ganges ihre Ausmündung an der Oberfläche zu finden. Diese zellige Wandung erhält gewissermassen eine Stütze durch eine ihr von aussen her angelagerte *Membrana propria,* um welche herum sich ein, je nach der verschiedenen Form der Drüse, verschieden gestaltetes *Capillarnetz* ausbreitet. Bei jenen Drüsen, welche aus mehr-

fachen oder verzweigten Hohlräumen zusammengesetzt sind, kommt endlich noch das *interstitielle Bindegewebe* in Betracht.

Was zunächst die *primären Formationen* der Drüsen anbelangt, so kann man zwei Typen derselben unterscheiden: den *schlauchförmigen* (*tubulösen*) und den *traubenförmigen* (*acinösen*) Typus. Der erstere (Fig. 106) ist dadurch ausgezeichnet, dass die Drüsenzellen die Wandung einer längeren oder kürzeren, an einem Ende blind abgeschlossenen Röhre herstellen, welche in gerader oder gebogener Linie verläuft, selbst knäuelförmig aufgewickelt sein kann. Die Drüsenröhren sind entweder einfach oder in verschiedener Weise verzweigt. Hierher gehören: die *Lieberkühn'schen* Drüsen des Darmes, die Lab- und Schleimdrüsen des Magens, die Uterindrüsen, die Drüsen der Regio olfactoria,

Fig. 107.



Verschiedene Formen traubenförmiger Drüsen.

A. In der Entwicklung begriffene traubenförmige Drüschen aus der Luftröhrenschleimhaut eines fünfmonatlichen menschlichen Embryo.

B. Aus der Submaxillardrüse eines neugeborenen Meerschweinchens (Zupfpräparat).

C. Aus dem Pankreas des Hundes. Die Drüsengänge, sowie die Lumina der Acini sind mit Berlinerblau injicirt. (Zupfpräparat). (Hartnack. Syst. VIII, Ocul. 2.)

die Schweiss- und Ceruminaldrüsen, endlich die Niere und der Hoden. (Die Leber zeigt bei Amphibien zeitlebens, bei Säugethieren und Vögeln, sowie beim Menschen, nur in der Embryonalperiode und in der ersten Zeit des Extrauterinlebens einen deutlich tubulösen Bau. Im ausgewachsenen Zustande nimmt sie dann eine ganz eigenartige Beschaffenheit an.)

Bei den *traubenförmigen* Drüsen (Fig. 107) bestehen die primären Formationen aus rispen- oder traubenförmig verzweigten Gängen, deren letzte Ausläufer mit kugeligen oder ellipsoidischen oder birnförmigen Ausbuchtungen (*Acini**), *Aeveoli*), in manchen Fällen auch mit kurzen

*) Der Ausdruck Acinus — die Beere — wurde von den alten Anatomen (*Malpighi*) für die makroskopisch sichtbaren Läppchen der Drüsen, sowie auch für die meisten, an parenchymatösen Organen hervortretenden, differenzirten „Körner" und „Körperchen" (Vergl. Leber, Milz, Niere) angewendet.

schlauchartigen Anhängen endigen. Je nachdem das Gangwerk dieser Drüsenformationen entweder nur aus einzelnen Ramifikationen besteht, oder aber in zahlreichen Verästigungen sich ausbreitend, grössere selbständige Organe formt, hat man die traubenförmigen Drüsen auch in *einfache* und *zusammengesetzte* eingetheilt. Zu den ersteren zählt man gewöhnlich die sogenannten Schleimdrüsen des Verdauungs- und Respirationsapparates und die Talgdrüsen; zu den letzteren die Speicheldrüsen, Thränendrüsen, Milchdrüsen, die *Cowper'schen* und *Bartholini'schen* Drüsen. (Nach dem Typus der traubenförmigen Drüsen sind auch die Lungen der höheren Wirbelthiere gebaut.)

So leicht es in der Regel fällt, die Formationen der schlauchförmigen Drüsen sowohl an Zupf- als auch an Schnittpräparaten zu erkennen, ebenso schwierig gelingt es in den meisten Fällen, sich eine selbständige, klare Anschauung der acinösen Anordnung zu verschaffen. Injectionen der Drüsenräume von den Ausführungsgängen her können hiefür gute Dienste leisten, ebenso die vielgeübten Isolationsmethoden mit Salzsäure, Salpetersäure u. dgl. Ganz besonders aber möchte ich empfehlen, nicht wie es gewöhnlich geschieht, Objekte von ausgewachsenen Individuen, sondern solche von älteren Embryonen oder neugeborenen Thieren zu derlei Untersuchungen vorzunehmen, wobei es fast gleichgültig ist, ob man dieselben in frischem oder in mässig gehärtetem Zustande verwendet. Man kann sich dann durch einfaches, vorsichtiges Zerzupfen die befriedigendsten Bilder verschaffen, einerseits weil das interstitielle Bindegewebe in Folge seiner grossen Weichheit und Zartheit der Zerlegung des Objektes und der Beobachtung wenig Hindernisse bereitet, andererseits aber, weil die geringere räumliche Ausbreitung der primären Formationen die Uebersicht viel besser gestattet, als dies im ausgewachsenen Zustande der Fall ist.

Es ist nicht unwichtig, nebst den genannten mikroskopischen Formverhältnissen gewisse topographische und morphologische Verhältnisse der beiden Drüsenarten in's Auge zu fassen. Während an den Schleimhäuten die einfachen und kleinen Schlauchdrüsen zumeist in dem Gewebe der Tunica propria selbst eingelagert sind, ist der Sitz der einfachen traubenförmigen Drüsen stets das submucöse Bindegewebe, in welchem sie als scharf umschriebene, kleine, weissliche Knötchen hervortreten. Bezüglich der äusseren Haut aber gestalten sich die Lagerungsverhältnisse anders, indem die traubenförmigen Talgdrüsen die oberflächlicheren, die tubulösen Schweissdrüsen aber die tieferen Parthien der Cutis, ja grossentheils selbst das subcutane Bindegewebe einnehmen.

Von den grossen tubulösen Drüsen zeichnet sich die Niere durch einen ihrem Gefüge entsprechenden, deutlich faserigen Bruch aus, der Hoden aber, dessen Drüsenröhrchen in vielfache Windungen gelegt sind, dadurch, dass man aus dem frischen Gewebe leicht einzelne Röhrchen auf grössere Strecken zu entfalten vermag. Für alle zusammengesetzten traubigen Drüsen hingegen ist ein entschieden lappiges Aussehen charakteristisch; die grösseren Lappen derselben entsprechen

dem Ramifikationsgebiet der stärkeren Aeste der Ausführungsgänge, die kleineren, in welche sich die ersteren zerlegen lassen, dem Verästigungsgebiet der feineren Zweige und Zweigchen der ausführenden Gänge.

Sind nun so die beiden Hauptarten der Drüsen durch mehrfache Eigenschaften genügend gekennzeichnet, so stehen sie dennoch nicht ganz unvermittelt einander gegenüber, indem es gewisse Formen gibt, welche gleichsam als Uebergangsstufen zwischen beiden betrachtet werden können; ich verweise dabei insbesondere auf die Formationen der *Prostata* und der sogen. *Littre'schen* Drüsen der Harnröhre, deren Gerüst aus rispenartig verästigten Gängen besteht, welche jedoch selten mit rundlichen Bläschen, sondern meist mit kürzeren oder längeren, geraden oder gebogenen Schläuchen endigen. Aehnliches kommt wohl auch, wenngleich minder ausgeprägt, bei den kleinen Schleimdrüsen des Verdauungs- und Respirationsapparates theilweise vor; und dies ist der Grund, warum dieselben von einigen Autoren der neueren Zeit geradezu als schlauchförmige Drüsen erklärt worden sind.

Nicht alle Drüsen kann man übrigens unter den beiden genannten Hauptarten unterbringen. So finden sich bei vielen niederen Thieren sogen. *einzellige* Drüsen; dieselben bestehen aus nichts anderem, als aus einer einzelnen, häufig durch besondere Grösse ausgezeichneten Zelle, welche sich durch eine Lücke ihrer Wandung an der Körperoberfläche öffnet. Andererseits aber finden sich in allen Wirbelthierklassen und beim Menschen Drüsenformationen, welche im ausgebildeten Zustande aus vollkommen abgeschlossenen, kugeligen Bläschen bestehen, welche durch eine oder mehrere Lagen von Drüsenzellen ausgekleidet sind. Solche kommen dem Eierstock, der Schilddrüse und dem vorderen Lappen des Gehirnanhanges zu. Es sind dies wahre Drüsen ohne Ausführungsgang. Ueber ihre morphologische Bedeutung vergleiche die betreffenden Abschnitte.

In dem Rahmen der eben beschriebenen Drüsenformationen hat nun die mikroskopische Forschung als constituirende Formelemente die *Drüsenzellen* und die *Membrana propria* zu beachten. Bezüglich der ersteren muss hier zum Theil auf das bereits vorgebrachte (Seite 63 u. 108), zum Theil auf die specielle Beschreibung der einzelnen Drüsen verwiesen werden.

Die *Membrana propria* stellt ein zartes, helles, durchsichtiges Häutchen dar, welches der zelligen Wandung der primären Drüsenformationen aussen unmittelbar anliegt, gewissermassen als Umhüllung derselben dienend. An einzelnen Drüsen, z. B. an den Nierenkanälchen, erscheint sie völlig structurlos, während sie bei anderen Drüsen, z. B. an den Hodenkanälchen, aus geschichteten schüppchenartigen, kernhaltigen

Zellen zusammengesetzt ist. Eine eigenthümliche Beschaffenheit besitzt die Membrana propria der Speicheldrüsen. Man sieht an derselben bei geeigneten Isolationspräparaten eine eigenthümliche, strahlige Zeichnung, in deren Mittelpunkt ein platter, elliptischer Kern erscheint. Dieselbe ist von verschiedenen Forschern in verschiedener Weise gedeutet worden. Man hielt sie für sternförmige Bindesubstanzzellen, welche die einzelnen Drüsenacini korbartig umgeben, oder auch für rippenartige Verdichtungen an der äusseren Oberfläche der structurlosen Haut (*Boll*).

Man bekommt die Membrana propria am besten im isolirten Zustande zur Ansicht, wenn man das frische Gewebe verschiedener Drüsen, sei es vor oder nach dem Zerzupfen, mit verdünnter Kali- oder Natronlauge behandelt. An gewissen Oertlichkeiten, z. B. aus der Niere erhält man sie auch ohne Weiteres beim Zerzupfen nicht ganz frischer Objekte. Zu eingehenderem Studium ihrer Textur ist aber die Benützung ganz frischer Objekte geboten, welche man entweder in Jodserum oder *Müller'scher* Flüssigkeit einige Tage lang maceriren lässt, oder mit Osmiumsäure, Chlorgold u. dgl. behandelt.

Schliesslich ist noch der *Lichtungen* (*Lumina*) der Drüsenformationen zu gedenken. Bei den schlauchförmigen Drüsen besitzen sie eine regelmässige, cylindrische Form und sind entweder durchgehends von demselben Kaliber, oder an bestimmten Stellen verengt, an anderen erweitert. Viel complicirter gestaltet sich die Lichtung der acinösen Drüsen. So weit es sich um das System der ausführenden Gänge handelt, gleicht ihre Form der der tubulösen Drüsen, jedoch ist bemerkenswerth, dass ihre Weite mit der fortschreitenden Verästigung constant abnimmt. Beim Uebergang in den Acinus endigt die Lichtung in der Mitte desselben, je nach Umständen entweder mit einer kleinen Erweiterung oder ohne eine solche. Hat man die Lumina mit Berlinerblau injicirt, so sieht man jedoch häufig die Injectionsmasse an einzelnen Stellen noch weiter zwischen die einzelnen Drüsenzellen vorgedrungen, indem sie dieselben entweder schalenartig völlig umhüllt, oder aber sich in einzelnen dünnen Streifen zwischen den Zellen bis an die Peripherie des Acinus erstreckt*).

Die letzteren Bilder haben Veranlassung zu der Annahme geboten, es bestehe zwischen den einzelnen Zellen des Acinus ein System von feinsten Kanälchen, in welche die von den Zellen secernirte Flüssigkeit zunächst ergossen werde. Man nannte dieselben *Speichelcapillaren* und stellte sich vor, dass sie von der mittleren Höhlung des Acinus aus zwischen den Drüsenzellen bis an die Membrana propria reichen und entweder dort blind, selbst mit birnförmigen Erweiterungen

*) Ganz Aehnliches kann man übrigens sehr häufig auch nach Injection schlauchförmiger Drüsen beobachten.

endigen (*Langerhans*), oder dass sie ein vollkommenes, communicirendes Maschenwerk herstellen, in welchem die Secretionszellen liegen (*Gianuzzi, Saviotti*). Es unterliegt indessen kaum einem Zweifel, dass man es hier, wie seither von mehreren Forschern dargethan worden ist, mit künstlichen, durch den verhältnissmässig hohen Injectionsdruck erzeugten Bildern zu thun habe und dass, wie bereits erwähnt, die Lichtung der acinösen Drüsen im Centrum des Acinus zum vollen Abschluss gelangt.

Mitunter findet man — namentlich im Pankreas — in der Mitte des Acinus einzelne spindelförmige oder verästigte Zellen gelegen, deren Fortsätze zwischen die Secretionszellen hineinragen und nach *v. Ebner* mit den intraalveolaren Stützzellen in Zusammenhang treten Man nennt sie *centroacinäre Zellen* (*Langerhans*). Sie gehören eigentlich nicht dem Acinus selbst an, sondern dem ausführenden Gange und vermitteln die Verbindung des ersteren mit dem letzteren.

Die Zusammenfügung der primären Drüsenformationen ist, je nach ihrer Art und Beschaffenheit, eine ziemlich verschiedene. Die einfachen kleinen Schlauchdrüsen sind, wie bereits erwähnt, jede für sich, in besondere Lücken der Tunica propria eingelagert, während die einfachen acinösen Drüschen im Bereich der Submucosa sich finden und von den Elementen derselben derart umschlossen werden, dass die Bindegewebsfibrillen zwischen die einzelnen Verzweigungen der Gänge und zwischen die Acini eindringen. In allen jenen grösseren Drüsen, welche selbständige Körpertheile formen, sind die primären Formationen durch lockeres, interstitielles Bindegewebe verbunden. An der Oberfläche des Organes verdichtet sich dasselbe gewöhnlich zu einer umhüllenden fibrösen Kapsel (*Tunica albuginea*).

Von grossem Interesse, sowohl nach der morphologischen, als nach der physiologischen Seite hin, ist das Verhältniss der primären Drüsenformationen zu dem *Blutgefässsystem*. Alle Drüsen sind sehr reichlich mit Blutgefässen bedacht, welche bei den grösseren Drüsen gewöhnlich an einer bestimmten Stelle (*Hilus*) ihren Ein- und Austrittsort haben. Die Verästigung derselben geschieht bei den acinösen Drüsen entlang den grösseren Ausführungsgängen, bei anderen (Hoden, Ovarium, Niere) aber nach besonderen Gesetzen. Die kleinen Drüsenformen erhalten ihre Gefässe aus der unmittelbaren Umgebung zugeleitet. Das reiche Capillarsystem breitet sich nun in dem interstitiellen Bindegewebe derart aus, dass die einzelnen Drüsenformationen von einem mehr weniger dichten Maschenwerk von Capillaren umsponnen werden. Je nach Umständen sind die Capillarmaschen rundlich oder mehr in die Länge getreckt; stets aber stehen die Gefässchen der einzelnen Formationen mit denen der benachbarten in ausgiebigster Verbindung, so dass z. B. innerhalb der Läppchen der acinösen Drüsen

das Capillarsystem aller einzelnen Formationen zu einem geschlossenen Ganzen zusammentritt. Dadurch, dass die Capillargefässe um die einzelnen Drüsenformationen herum geordnet sind, ergibt sich die wichtige, für alle Drüsen ohne Ausnahme gültige Regel, dass die Secretionszellen zwischen die Gefässcapillaren einerseits und den Hohlraum der Drüse andererseits zu liegen kommen, so dass sie ihr Nährmaterial von aussen her beziehen und die daraus bereiteten Stoffe in die Lichtung hinein entleeren können.

Eine ganz besondere Stellung mit Rücksicht auf das Blutgefässsystem nimmt die Niere (und im Embryo der *Wolff'sche* Körper) ein. Es ist nämlich hier in das blinde Ende eines jeden einzelnen Drüsenschlauches ein grösseres Convolut feinster Gefässchen (die *Malpighi'schen* Gefässknäuel) hineingestülpt, so dass in diesen Drüsen ausserordentlich günstige Filtrationsverhältnisse bestehen, durch welche sie in den Stand gesetzt sind, in der kürzesten Zeit grosse Quantitäten von Flüssigkeit auszuscheiden.

Die *Lymphgefässe* der Drüsen bedürfen noch genauerer Erforschung. Für einzelne derselben (z. B. für den Hoden) ist ein typisches Capillarsystem nachgewiesen worden. Von den meisten neueren Autoren werden Bindegewebsspalten in der Umgebung der primären Drüsenformationen, welche sich durch Eintreiben von Injectionsmasse erfüllen lassen, als die ersten Anfänge der Lymphgefässe angesehen. Es steht jedoch mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass sich mit Hülfe vollkommenerer Methoden, als die dermalen zu Gebot stehenden, allenthalben werden geschlossene Netze von Lymphcapillaren nachweisen lassen.

Auch in Betreff des Verhaltens *der Nerven* im Inneren der Drüsen sind unsere Kenntnisse sehr mangelhaft. Wir wissen, dass in die meisten der grösseren Drüsen beträchtliche Mengen von Nervenfasern, theils markhaltigen, theils marklosen, eintreten. Ebenso ist bekannt, dass in einzelnen Drüsen grössere und kleinere Anhäufungen von Ganglienzellen entlang den Nervenzweigchen vorkommen. Ueber ihr schliessliches Verbleiben ist man jedoch noch ziemlich im Unklaren. Es ist von mehreren Seiten, insbesondere durch *Pflüger,* ein ausgiebiger Zusammenhang der Nervenfaserenden mit den Secretionszellen der Drüsen behauptet worden, in der Weise, dass die feinsten Nervenfibrillen, ja selbst breitere, markhaltige Fasern in der Substanz der Drüsenzellen ihr Ende finden sollten. Von vielen anderen Autoren aber konnten diese Befunde nicht bestätigt werden. Wahrscheinlich ist, dass die Drüsennerven der grösseren Anzahl nach an die Blutgefässe herantreten, also eigentlich Gefässnerven sind. In einzelnen Drüsen sind Endigungen von markhaltigen Nervenfasern in *Pacini'schen* Körperchen nachgewiesen worden (*Krause*).

Nach den vorstehenden, einleitenden Erörterungen folgt die specielle Beschreibung der einzelnen Abschnitte des Verdauungsapparates.

1) Die Wandungen der Mundhöhle.

Die Schleimhaut, welche hier zunächst und vorzüglich in Betracht kommt, zeigt zwar im ganzen Bereiche der Mundhöhle dem Wesentlichen nach einen einheitlichen Bau; jedoch finden sich stellenweise bemerkenswerthe Modificationen desselben vor, in welchen die besondere äussere Beschaffenheit bestimmter Abschnitte dieser Schleimhaut begründet ist.

Die *Tunica propria* besteht aus fibrillärem Bindegewebe, dessen ziemlich feine Faserbündel in den verschiedensten Richtungen durch einander verflochten sind. Dazwischen erscheinen Züge zarter, elastischer Fasern in erheblichen Mengen. Gegen das Epithel zu wird dieser faserige Bau allmälig undeutlicher, indem sich die Fibrillenbündel nach und nach auflösen, und ein äusserst feines Flechtwerk der zartesten Fäserchen entsteht, welches bei den gewöhnlich benützten Vergrösserungen kaum mehr wahrnehmbar ist. Hingegen treten hier die zelligen Bindegewebselemente klarer hervor, namentlich sind es die Zellkerne, welche an Durchschnitten gehärteter Präparate in grosser Zahl sichtbar werden. Die Oberfläche der Tunica propria erhebt sich zu zahlreichen, schlanken Papillen, welche je nach der Oertlichkeit verschieden weit in die Epitheldecke hineinragen. Auch sie besitzen jenen äusserst zartfaserigen Bau, lassen aber nur sehr spärliche zellige Elemente erkennen.

Der Uebergang der Tunica propria in das *submucöse Bindegewebe* ist fast allenthalben ein ganz unmerklicher, so dass die Grenze dieser beiden Schichten meist nur willkürlich gezogen werden kann. In geweblicher Hinsicht unterscheidet sich das letztere im Allgemeinen durch einen weit geringeren Gehalt an elastischen Fasern und durch grössere Breite der Bindegewebsbündel.

Das *Epithel* ist durchwegs ein geschichtetes Pflasterepithel in seiner reinen, typischen Form.

Die einzelnen Regionen der Schleimhaut unterscheiden sich von einander durch die Dickendimensionen der verschiedenen Schichten, durch die Höhe und Zahl der Papillen und durch die Beschaffenheit des submucösen Bindegewebes.

Die auffallende Derbheit der Schleimhaut im Bereiche des harten Gaumens und an den Alveolartheilen der Kiefer (*Zahnfleisch*) beruht vornehmlich in dem dichten Gefüge des submucösen Bindegewebes, welches mit dem unterliegenden Periost zu einer straffen Bindegewebs-

masse verschmolzen ist. In den übrigen Regionen der Mundhöhlenwandung ist das submucöse Bindegewebe lockerer gewebt, wesshalb auch die Schleimhaut mehr oder weniger leicht von ihrer Unterlage abgehoben und in Falten gelegt werden kann. Eine besondere Dicke erreicht es überall dort, wo es drüsige Einlagerungen besitzt. An einzelnen Stellen, namentlich an den Lippen und am weichen Gaumen, wird das submucöse Bindegewebe von Bündeln quergestreifter Muskelfasern durchsetzt, welche zum Theil in ihm ihre Haftpunkte finden, zum Theil aber bis in die Tunica propria hineinziehen.

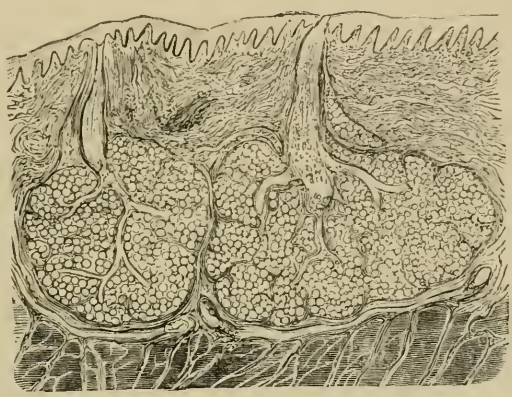
Die Papillen der Schleimhaut sind am stärksten an dem Lippenrande und in dessen nächster Umgebung entwickelt. Sie erreichen hier eine Höhe von 0.5 Mm. und darüber und gehen nicht selten in eine doppelte Spitze aus (*Zwillingspapillen*). Durch eine auffallende Höhe der Papillen ist auch das Zahnfleisch ausgezeichnet. Sehr klein, mitunter ganz rudimentär sind sie an den Duplicaturen der Schleimhaut (Frenulum linguae, Plicae glosso-epiglotticae, Arcus palato-glossus) und zum Theile in der Gaumenregion. Mit der Höhe der Papillen geht auch die Dicke der Epitheliallage und die Anzahl ihrer Zellenschichten parallel. So wird denn die Epithelialschichte der Lippen von der Uebergangsstelle in die äussere Haut, am Rande des Lippenrothes, zuerst allmälig dicker, erreicht ihre grösste Stärke an dem hinteren Rande der Lippe und nimmt von da an über die hintere Fläche derselben sehr rasch wieder ab. Eine mittlere Dicke hält die Epithellage ein an den Backen, an dem harten Gaumen und an der vorderen Fläche des Gaumensegels; am dünnsten ist sie am Boden der Mundhöhle und an den Schleimhautduplicaturen. Uebrigens kommen in diesen Verhältnissen, insbesondere am harten Gaumen, nicht unbeträchtliche individuelle Varietäten vor, indem hier in einzelnen Fällen die Papillen auf grössere Strecken hin völlig fehlen und die Tunica propria einen fast sehnenähnlichen Charakter annehmen kann; dabei ist auch die Stärke des Epithels ziemlich wechselnd.

Von Wichtigkeit sind die *drüsigen* Einlagerungen, welche an gewissen Stellen der Mundhöhlenwandung, und zwar durchwegs im submucösen Bindegewebe, ihren Sitz haben. Es sind dies die sog. *Schleimdrüschen* der Mundhöhle (*Glandulae labiales*, *buccales*, *palatinae* und *molares*). Man findet sie als hirse- bis hanfkorngrosse, weisse, scharf umschriebene Knötchen, welche in etwas wechselnder Zahl an der hinteren Fläche der Unter- und Oberlippe, sowie an den Backen, am Gaumen und am Boden der Mundhöhle bei vorsichtigem Abpräpariren der Tunica propria, oder an Querschnitten gehärteter Objekte dem freien Auge leicht sichtbar werden. Bei einigen Individuen sind sie zu verhältnissmässig wenigen, dafür aber grösseren Klümpchen zu-

sammengeballt, bei anderen mehr zerstreut und um so kleiner. Die Mündungen ihrer Ausführungsgänge sieht man am besten am lebenden Menschen, beim einfachen Umstülpen der Lippe oder der Backe.

Mit Bezug auf ihre histologischen Verhältnisse müssen sie den acinösen Drüsen zugerechnet werden. Sie besitzen (Fig. 108) einen kurzen, meist etwas gebogen verlaufenden, verhältnissmässig weiten, an der Mündung wieder sich etwas verengernden Ausführungsgang, welcher sich rasch hinter einander in mehrere (4—6) grössere Aeste auflöst. Auf die Theilungsstelle fällt meist die grösste Erweiterung seines Lumens. Den Aesten selbst sitzen weiters kleinere Zweige auf, welche entweder direkt mit kugeligen oder ellipsoidischen Auftreibungen

Fig. 108.



Querdurchschnitt durch die Lippenschleimhaut eines erwachsenen Menschen. Der Schnitt hat zwei Schleimdrüschen mit ihren Ausführungsgängen getroffen. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2.)

enden, oder sich vorher noch ein oder das andere Mal zertheilen. In Folge dieser reichlichen Verästigung der Gänge wird gewöhnlich ein Theil des Hauptausführungsganges von den Drüsenformationen umwachsen, so dass seine Ramifikation fast bis gegen die Mitte des ganzen Drüschens vorgerückt erscheint. Nicht selten findet es sich, dass eine kleine Gruppe von Acini mit einem engen, gemeinschaftlichen Gang, welcher eine Strecke weit neben dem Hauptausführungsgange verläuft, erst in den obersten Partheen der Schleimhaut sich in den letzteren ergiesst und so wie ein kleines accessorisches Drüschen erscheint (Fig. 108 an der grösseren Drüse rechts).

Die Wandungen der Drüsenbläschen bestehen aus einer völlig strukturlosen Membrana propria, an deren inneren Fläche cylindrische, helle, fast homogen aussehende Zellen mit kleinen, oblongen Kernen aufsitzen, wie sie typisch den Schleimdrüsen zukommen (vergl. S. 65). Das Lumen des Acinus erscheint bald enger, bald weiter, und geht in

den verhältnissmässig engen Anfang des Ausführungsganges über. Die Zweige des letzteren besitzen ebenfalls kurz cylindrische Zellen in einfacher Schichte als Bekleidung, welche erst an dem obersten Ende des gemeinschaftlichen Ausführungsganges anderen Zellenformen Platz machen; es setzen sich nemlich in denselben hinein die platten Zellen des umgebenden geschichteten Pflasterepitheliums auf eine kurze Strecke fort.

Mit Bezug auf die *Verbindung* der Mundhöhlenschleimhaut mit den unterliegenden Gebilden ergeben sich nach den verschiedenen Abschnitten verschiedene Verhältnisse. Von dem harten Gaumen und dem Zahnfleische ist bereits berührt worden, dass die Submucosa mit dem Periost untrennbar verschmolzen ist. Dort, wo die Schleimhaut an einem scharf umgrenzten Muskelkörper (Boden der Mundhöhle) und an der Sublingualdrüse aufliegt, geht ihre locker gewebte Submucosa in die bindegewebige Umhüllung dieser Theile über. An anderen Stellen, namentlich an den Lippen, wo die benachbarte Muskulatur theilweise ohne scharfe Umgrenzung in die Schleimhaut übergeht, besteht ein sehr ausgiebiger Zusammenhang des submucösen mit dem intramusculären Bindegewebe.

Die *Blutgefässe* der Mundhöhlenschleimhaut, sowohl die Venen als die Arterien, ordnen sich zu zwei räumlich getrennten, flächenartig ausgebreiteten, über einander liegenden Netzen. Das tiefere, in der Submucosa gelegene, enthält die reichlich unter einander anastomosirenden Verästigungen der zu- und abführenden Gefässe. Von ihm aus dringen zahlreiche feinere Gefässchen in die Tunica propria ein, aus denen sich durch reichliche dichotomische Theilungen und gegenseitige Anastomosen das oberflächlichere, feinere und engmaschigere Gefässnetz entwickelt. In beiden Netzwerken laufen venöse und arterielle Zweigchen einander ziemlich parallel. Aus dem oberflächlichen Gefässnetze treten feinste Zweigchen in die Papillen ein, wo sie, je nach der Grösse derselben, entweder förmliche Capillarnetze oder einfache Schlingen formen.

Auch die *Lymphgefässe* bilden weite, der Submucosa angehörige, und engmaschige, in der Tunica propria gelegene Netze, deren einzelne Gefässchen sich mit denen der Blutgefässnetze überkreuzen. Ob Lymphgefässe auch in die Schleimhautpapillen eindringen, ist noch zweifelhaft.

Die *Nerven* der Mundhöhlenschleimhaut bilden in der Submucosa mehr oder weniger dichte, mikroskopische Plexus, in welchen zahlreiche Theilungen der einzelnen Nervenfasern zu beobachten sind. Von hier aus zweigen sich zahlreiche, theils vereinzelte, theils zu kleinen Bündeln geordnete, immer noch markhaltige Fasern ab und strahlen unter weiteren reichlichen Verästigungen gegen die oberflächlichen Schichten der Schleimhaut aus. Eine gewisse Anzahl von Nervenfasern tritt an die

Papillen heran, um entweder an ihrer Basis, oder in der Mitte ihrer Höhe, ja selbst nahe der Spitze in kugeligen *Krause'schen Endkolben* sich einzupflanzen. Solche sind in den verschiedensten Bezirken der Mundhöhlenwandung nachgewiesen worden, am reichlichsten aber an den Lippen und an der Vorderfläche des Gaumensegels, in geringerer Zahl an der Wange und an dem Boden der Mundhöhle. Andere Nervenfasern dringen unter Verlust der Markscheide und unter wiederholten Theilungen in das Epithel ein, um daselbst frei zwischen den Epithelzellen zu endigen (vergl. S. 317). Nicht selten beobachtet man, dass sich doppelt contourirte Nervenfasern in den oberflächlichsten Schichten der Schleimhaut während ihres Verlaufes knäuelartig aufwickeln (*Gerber'sche Nervenknäuel*). Man hat darin fälschlich Nervenendapparate erblicken wollen.

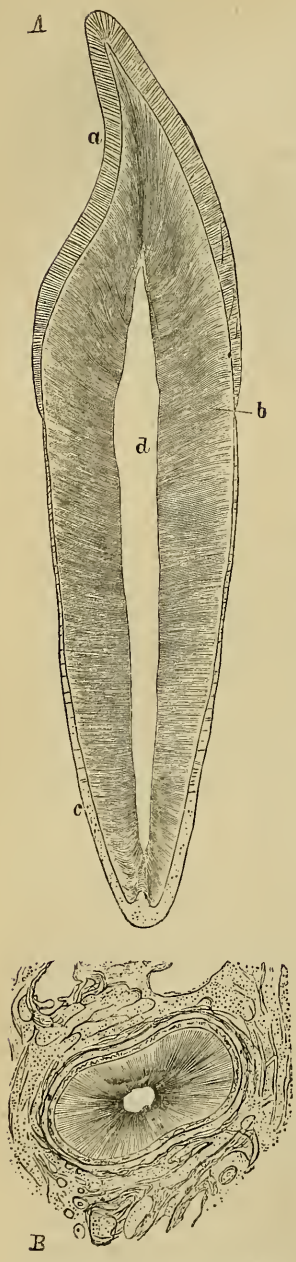
2) Die Zähne.

An den Zähnen unterscheidet man zunächst drei Substanzen: das *Zahnbein* (*Dentin*, *Elfenbein*), den *Zahnschmelz* (*Email*) und den *Zahnkitt* (*Cement*). Vergl. Fig. 109. Zu diesen, sog. harten Zahnsubstanzen kommt noch die *Zahnpulpa*, als die weiche Ausfüllungsmasse der Zahnhöhle*).

Die Entwicklungsgeschichte, sowie die eingehendere mikroskopische Untersuchung lehren uns, dass von den drei harten Substanzen eine jede ihre besondere histologische Bedeutung besitzt, indem das Zahnbein aus einer bindegewebigen, der Schmelz aber aus einer epithelialen Anlage hervorgegangen ist, und das Cement, wenngleich auch dem Binde-

*) Nicht in der ganzen Reihe der Wirbelthiere zeigt sich derselbe Charakter der Zähne. Die Schnabelthiere, sowie gewisse, niedrig organisirte Fische (Cyclostomen) besitzen sogen. Hornzähne, d. h. der ganze Zahn ist nichts anderes, als eine verhornte Epithelmasse, ganz entsprechend anderen Horngebilden, wie Haaren, Stacheln u. dgl., das Dentin fehlt ihnen vollständig. Aehnlich verhalten sich auch die sogen. Barten des Wallfisches. Von den Thieren, welche wahre, dentinhaltige Zähne besitzen, fehlt den meisten Edentaten der Schmelz und die Wurzeln, ebenso sind die Stosszähne der Elephanten und die Kaufläche der Schneidezähne bei Nagethieren, sowie die Zähne des Narwalles und gewisser Fische (Karpfen) frei von Schmelzüberzug, wenngleich sich bei den meisten dieser Thiere während der Entwicklungsperiode die Anlagen des Schmelzes vorfinden. Die zusammengesetzten Zähne der Elephanten, sowie die „schmelzfaltigen" Zähne der Wiederkäuer und Einhufer sind durch eine eigenthümliche Anordnung der verschiedenen Substanzen ausgezeichnet. Es sei noch erwähnt, dass die sogen. Placoidschuppen der Selachier, den Untersuchungen *Hertwig's* zufolge, als den Zähnen vollkommen homologe Bildungen anzusehen sind, indem sich an ihnen alle Bestandtheile wahrer Zähne nachweisen lassen. Nicht minder sind die Bestandtheile des Hautskeletes anderer Fische (z. B. bei der Familie der Störe und der Welse) nach neueren Mittheilungen des genannten Forschers geweblich den Zahnbildungen anzureihen.

Fig. 109.



A. Längsschliff eines menschl. Schneidezahnes. a. Schmelz, b. Zahnbein, c. Cement, d. Pulpahöhle.
B. Querschliff durch den Wurzeltheil eines menschl. Schneidezahnes sammt der umgebenden Wandung des Zahnfaches (7malige Vergrösserung.)

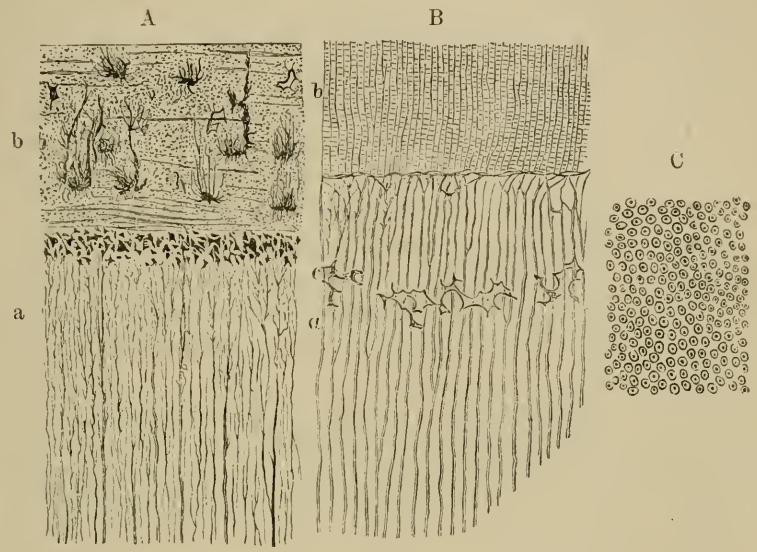
gewebe entstammend, doch sich in anderer Weise als das Zahnbein entwickelt hat. Es ist vollkommen gerechtfertigt, den menschlichen Zahn als eine colossale Schleimhautpapille zu betrachten, deren centraler Theil, als Zahnpulpa, weich geblieben ist, während ihre peripheren Parthieen zum Zahnbein erhärtet sind, und die epitheliale Decke sich in den Schmelz umgewandelt hat. Das Cement aber ist eine accessorische Bildung, welche aus dem Periost der entsprechenden Alveolarlücke herzuleiten ist.

Zur mikroskopischen Untersuchung der ausgebildeten Zähne bedient man sich derselben Methoden, welche bei dem Knochen erwähnt worden sind. Anfertigung von dünnen Schliffen aus dem frischen oder getrockneten Zahn, Entkalkung desselben mittelst Salzsäure, wodurch das Gewebe schnittfähig wird, und Untersuchung von Längs- und Querschnitten sind unerlässlich.

Das Dentin. Die Grundsubstanz desselben erscheint an dünnen Zahnschliffen völlig homogen. Nach Entkalkung der Zähne mit salzsäurehaltiger Kochsalzlösung konnte jedoch *v. Ebner*, ähnlich wie an den Knochen, die Zusammensetzung der Dentinsubstanz aus feinen, unter spitzen Winkeln sich überkreuzenden Fibrillen nachweisen. Diese Grundsubstanz ist von zahlreichen, feinen Kanälchen — den *Zahnkanälchen* — durchzogen, welche mit ihrem centralen Ende in die Pulpahöhle ausmünden. An Quer-, wie an Längsschnitten des Zahnes zeigen sie deutlich eine radiäre Anordnung und einen leicht geschlängelten Verlauf. Während desselben zerspalten sie sich zum Theile gabelig, zum Theile aber gehen aus ihnen zahlreiche, feinste Zweigchen ab, welche mit ähnlichen der benachbarten Röhrchen oder mit diesen selbst zusammenfliessen. Besonders reichlich ist diese Verästigung in den peripheren Abschnitten des Zahnbeines, mit dem Unterschiede, dass im Bereiche der Zahnwurzel die feinen Zweigchen, in der

Region der Zahnkrone aber die dichotomischen Theilungen vorwiegen (Fig. 110). In Folge dieses Verhaltens nimmt die Weite der Zahnkanälchen gegen die Peripherie zu bedeutend ab. Ueber ihre periphere Endigung ist noch nichts Sicheres ermittelt worden. Mitunter gehen zwei benachbarte schlingenartig in einander über, meistens aber, und insbesondere im Bereiche der Wurzel, werden sie schliesslich so fein, dass sie sich der weiteren, sicheren Beobachtung entziehen. Diese wird noch erschwert durch das Vorkommen zahlreicher, unregelmässiger, kleiner Lücken (*Interglobularräume*), welche, im Wurzeltheile besonders dicht

Fig. 110.



A. Aus dem Längsschliff eines menschlichen Schneidezahnes (nahe der Wurzelspitze.)
a. Dentin, b. Cement.
B. Aus demselben Schliffe (Zahnkrone).
a. Dentin, b. Schmelz. Bei c. die Interglobularräume.
C. Zahnkanälchen im Querdurchschnitt gesehen. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 2.)

gedrängt, an der Grenze von Zahnbein und Cement sich vorfinden. Im frischen Zustande enthalten diese Lücken eine homogene, weiche Substanz, welche beim Trocknen des Präparates völlig verschrumpft und durch Luft ersetzt wird. Dies ist der Grund, warum sie in letzterem Falle schwarz erscheinen und der Untersuchung grosse Schwierigkeiten bereiten. Im Bereiche der Zahnkrone treten die Interglobularräume etwas seltener auf, sind aber stets grösser, eigenthümlich gezackt und etwas mehr gegen die Mitte des Zahnbeines zu eingelagert.

Wenn man das Zahnbein an Längsschliffen mit ganz schwachen Vergrösserungen überblickt, so gewahrt man häufig eine Anzahl von

hell glänzenden Streifen in ihm, welche mit der Wandung der Pulpahöhle, und auch unter sich, parallel laufen. Es sind dies die sog. *Schreger'schen Linien.* Der Grund ihrer Erscheinung ist darin zu suchen, dass die stärkeren Biegungen der Zahnröhrchen*) sämmtlich nach derselben Seite zu gerichtet sind.

Hat man jene Stellen des Präparates in's Auge gefasst, wo die Zahnkanälchen im Querschnitt vorliegen, so zeigt sich der letztere regelmässig kreisrund und von einem scharfen, dunkeln Contour umgeben; der Mitte des Querschnittes entspricht am trockenen Präparate ein dunkler Punkt. Genauere Aufklärungen über die unmittelbaren Wandungen der Zahnröhrchen erhält man durch die Untersuchung frischer Präparate und durch völlige Zerlegung der Zahnsubstanz mit Hülfe chemischer Mittel. Durch längere Einwirkung starker Mineralsäuren oder alkalischer Laugen, insbesondere bei höherer Temperatur, löst sich die Zahnbeinsubstanz auf, und es bleibt eine weiche Masse zurück, welche sich bei mikroskopischer Untersuchung aus zahlreichen, äusserst dünnwandigen, structurlosen Röhrchen bestehend erweist. Es hat sich gezeigt, dass diese — unter dem Namen der *Neumann'schen Zahnscheiden* bekannt — die unmittelbaren Wandungen der Zahnkanälchen darstellen, also ein Analogon der unter ähnlichen Verhältnissen isolirbaren und gegen den Einfluss von starken Säuren resistenten Wandungen der Knochenkörperchen bilden.

Es wurde mehrseitig geglaubt, dass sie die Ursache des dunklen Contours abgeben, welcher an Querschnitten der Zahnkanälchen erscheint. Dies ist jedoch, wie *Kölliker* hervorgehoben hat, durchaus nicht der Fall; derselbe ist vielmehr darin begründet, dass selbst an den dünnsten Schliffen die Zahnröhrchen in einer gewissen Länge erhalten sind, und bei ihrem welligen Verlaufe niemals genau in der optischen Axe des Linsensystemes sich erhalten können. Es decken sich in Folge dessen die hinter einander liegenden optischen Querschnitte niemals vollständig, und dadurch wird der breite, dunkle Contour erzeugt. Die Zahnscheiden selbst sind an Querschnitten ziemlich schwer — am besten bei genauer Einstellung der oberen Schlifffläche — zu erkennen, und erscheinen dann als zarte, gelbliche Säume an der Umrandung der Zahnkanälchen.

Die Lichtung der Zahnkanälchen ist durch eine weiche, homogene Substanz ausgefüllt, welche zuerst von *Tomes* beschrieben und dann von *Kölliker* eingehender untersucht und mit dem Namen der *Zahnfasern* belegt worden ist. Form und Verlauf derselben ist durch die Beschaffenheit und Anordnung der Zahnröhrchen gegeben. Sie lassen sich an frischen Zähnen, besonders nach Färbung mit Carmin, an Querschnitten der Zahnröhrchen leicht nachweisen; an getrockneten Prä-

*) Genaue Angaben über die Krümmungen der Zahnröhrchen und deren Ursachen sind durch *Kollmann* auf Grund ausgedehnter, vergleichend anatomischer Untersuchungen veröffentlicht worden.

paraten entspricht ihnen der centrale dunkle Punkt. Ihre morphologische Bedeutung lässt sich nur mit Berücksichtigung des Gewebes der Zahnpulpa richtig würdigen.

Die *Zahnpulpa*, welche die centrale Höhlung des Zahnes vollständig ausfüllt, besteht aus einem sehr weichen, gefäss- und nervenreichen Bindegewebe, welches nur eine leichte Andeutung fibrillärer Structur, aber in reichlicher Menge formlose, mucinhaltige Zwischensubstanz und unregelmässig gestaltete, hie und da verästigte Zellen enthält. Die oberflächlichste Schichte der Zahnpulpa (für sie ist auch der Name *Membrana eboris* in Gebrauch) wird durch eine Lage länglicher, mit mehrfachen Fortsätzen versehener, membranloser, kernhaltiger Zellen gebildet, deren Anordnung einigermassen an die eines einschichtigen Epithels erinnert. Sie sind von *Schwann* entdeckt und von *Waldeyer* mit dem Namen der *Odontoblasten* bezeichnet worden. Von ihren Fortsätzen gehen einige seitwärts zu ab, und stehen mit denen der benachbarten Odontoblasten in Verbindung; andere, die sogen. *Pulpafortsätze* sind centralwärts gerichtet und hängen mit den Bindesubstanzzellen des Pulpagewebes zusammen. Eine ungleich grössere Wichtigkeit nehmen die nach der Peripherie hin gerichteten Ausläufer der Odontoblasten in Anspruch. Es sind deren bald einer, bald aber zwei bis drei und noch mehr, welche aus einer Zelle ihren Ursprung nehmen, sich verästigen und unter einander netzartige Anastomosen bilden. Sie dringen schliesslich in die Zahnröhrchen des Dentins ein und stellen daselbst die oben erwähnten Zahnfasern dar. Es kann also kein Zweifel bestehen, dass die letzteren protoplasmatischer Natur sind und als Homologa der Knochenzellen betrachtet werden müssen. Nicht unerwähnt darf bleiben, dass die Zahnpulpa in den Zähnen älterer Personen eine regressive Metamorphose eingeht und dann gewöhnlich als ein dünner, ziemlich derber Strang erscheint.

Die durch die Spitze der Zahnwurzel eindringenden *Blutgefässe* lösen sich alsbald in ein sehr dichtes, engmaschiges Capillarnetz auf, welches in dem Bereiche der Pulpa völlig abgeschlossen ist und in die Hartgebilde des Zahnes nicht übergeht. Nur bei einigen Fischen (z. B. den Hechtarten) dringen die Ausläufer der Pulpagefässe mit gabeligen Theilungen in das Zahnbein ein, ohne jedoch die ganze Dicke desselben zu durchsetzen (man spricht in diesem Falle von einem *Vasodentin*).

Die *Nerven* der Zahnpulpa sind sehr zahlreich und steigen, zu mehreren Bündeln markhaltiger Fasern geordnet, durch das Pulpagewebe in die Höhe. Aus ihnen geht, wie wir nach den Untersuchungen *Boll's* wissen, allmälig eine grosse Anzahl feinster, markloser Fasern hervor, welche sich häufig dichotomisch zertheilen, fast geradlinig, ohne

Anastomosen weiter verlaufen, aber unter der Membrana eboris ein äusserst dichtes, zartes Netzwerk formen, aus welchem zahlreiche Fäserchen zwischen die Odontoblasten eindringen. Ob sie bis in die Zahnröhrchen selbst sich fortsetzen, ist nicht erwiesen, doch findet es *Boll* sehr wahrscheinlich.

Die Untersuchung der Zahnpulpa geschieht am besten an den Schneidezähnen jüngerer Nagethiere, welche in einem Schraubstock zertrümmert werden, worauf sich die Pulpa leicht in toto gewinnen lässt; nur die Membrana eboris bleibt gewöhnlich am Dentin hängen. Zur Verfolgung der Nerven empfiehlt *Boll* eine einstündige Einwirkung sehr verdünnter ($^1/_{32}$ %) Chromsäure.

Der *Zahnschmelz* ist aus langen und schmalen, sechsseitigen Fasern, den sogen. *Schmelzprismen* zusammengesetzt, welche manchmal gerade gestreckt, häufig aber auch leicht gebogen und in ähnlich radiärer Weise wie die Zahnröhrchen geordnet sind. Sie sind an Schliffen ausgebildeter Zähne gewöhnlich nur schwer vollkommen zu übersehen, lassen sich aber durch verdünnte Salzsäure isolirt erhalten. Sie zeigen dann, noch deutlicher als an Schliffpräparaten, ein quergebändertes Aussehen, dessen Ursache bis jetzt noch nicht sichergestellt werden konnte. Wenn auch die meisten dieser Schmelzprismen von der Dentingrenze bis an die Oberfläche des Zahnes in einer und derselben Richtung verlaufen, so findet man doch häufig, am auffallendsten an Längsschliffen, dass sich einzelne Gruppen von ihnen gegenseitig überkreuzen, so dass ein eigenthümliches, schon dem freien Auge wahrnehmbares, streifiges Aussehen des Schmelzes entsteht, indem an solchen Stellen Quer- und Längsschnitte von Schmelzprismen unter einander abwechseln. Nicht selten auch findet man in den peripheren Parthieen des Schmelzes schmale, spaltenartige Lücken, welche zwischen den einzelnen Prismen von Strecke zu Strecke auftreten. Im Uebrigen haften die letzteren sehr innig und ohne nachweisbare Zwischensubstanz an einander.

Die äussere Oberfläche des Schmelzes wird nicht von den Enden der Schmelzprismen selbst gebildet, sondern von einer sehr dünnen, aber äusserst harten und spröden, structurlosen Membran, dem *Schmelzoberhäutchen*, welche den ersteren innig anhaftet. Es ist insbesondere durch seine grosse Widerstandsfähigkeit gegen die stärksten chemischen Eingriffe ausgezeichnet.

Das Cement erweist sich bei der mikroskopischen und chemischen Untersuchung als eine wenig modificirte Knochensubstanz (Fig. 110 A b). Seine Grundsubstanz zeigt häufig einen undeutlich lamellösen Bau, manchmal aber auch, und an der Stelle, wo es am dünnsten ist immer, eine fast homogene Beschaffenheit. In ihr sind Lücken ausgegraben, ähnlich den Knochenkörperchen; doch unterscheiden sie sich von diesen durch eine unregelmässigere Form und häufig durch bedeutendere

Grösse; nicht selten sind sie stark in die Länge gezogen, halbmondförmig gebogen oder sogar winklig abgeknickt. Ihre Ausläufer sind sehr zahlreich und von besonderer Länge. Ihre Anzahl nimmt von der Basis gegen die Spitze der Zahnwurzel hin in auffallender Weise zu. In dem der Krone zunächst liegenden Abschnitte fehlen sie gänzlich. Auch *Havers'sche* Kanälchen finden sich bei älteren Individuen regelmässig vor, jedoch zeigen sie selten eine ausgeprägte Entwicklung des Lamellensystemes. Nach einer Mittheilung *Salter's* kommt es in einzelnen Fällen vor, dass sie das Zahnbein durchbrechen und sich in die Pulpahöhle öffnen. Bei jugendlichen Individuen scheinen sie völlig zu fehlen.

Die Verbindung des Cementes mit der Wand der Zahnalveole wird durch das sogen. *Wurzelperiost* (*Alveolo-Dentalmembran*) hergestellt. Es ist dies ein an Blutgefässen und Nerven sehr reiches Bindegewebshäutchen, welches am Zahnhalse einerseits mit dem Zahnfleisch, andererseits mit dem Periost des Kiefers in Verbindung tritt. *Wedl* hat an demselben eigenthümliche Gefässknäuel, ähnlich den Glomeruli der Nieren, nachgewiesen.

Die **Entwicklung der Zähne.** Dieser hoch interessante und seit den meisterhaften Untersuchungen *Waldeyer's* in seinen wesentlichsten Punkten klargelegte Vorgang kann hier nur ganz kurz berührt werden. Die erste Einleitung zur Zahnbildung fällt in eine sehr frühe Zeit des embryonalen Lebens — beim Menschen in das Ende des zweiten Monates — und besteht in einer beträchtlichen Wucherung der Schleimhautelemente entlang den beiden Kiefern. Die dadurch erzeugte, an den Rändern der letzteren fortlaufende Schleimhautleiste wird als *Kieferwall* bezeichnet. Bald bemerkt man, dass der Kieferwall seiner ganzen Länge nach eine seichte Furche — die *Zahnfurche* — enthält, zu deren Seiten sich die Schleimhaut lippenartig erhebt — *Zahnwälle*. — An senkrechten Durchschnitten zeigt sich schon kurze Zeit nachher, dass im ganzen Bereich der Zahnfurche eine lebhafte Wucherung des Epithellagers erfolgt ist, welche nicht nur die Zahnfurche ausgleicht und sich auf die Zahnwälle fortpflanzt, sondern auch in das unterliegende Bindegewebsstratum hineingreift. Es bildet sich so ein platter, epithelialer Streif, welcher bis auf eine gewisse Tiefe in das Bindegewebe hinein fortwächst, und durch weitere Neubildung von epithelialen Zellen in seinen tiefsten Partheen sich mehr und mehr verdickt; es ist dies der sogen. *Schmelzkeim*. An Querschnitten besehen macht er den Eindruck, als ob eine kugelige Epithelmasse, welche im Bindegewebe vergraben ist, durch einen Stiel mit dem Oberflächenepithel in Verbindung stände. Es ist jedoch sichergestellt, dass der Schmelzkeim eine für sämmtliche Zähne eines Kiefers bestimmte, gemeinschaftliche und fortlaufende Anlage darstellt. Erst später zerfällt er in einzelne, für jeden Zahn gesonderte Abtheilungen, nämlich dann, wenn sich im Laufe des dritten Schwangerschaftsmonates die *Zahnpapillen*, der Mutterboden des Zahnbeins, aus dem Schleimhautgewebe herausgeformt haben.

Es entstehen nemlich von Strecke zu Strecke — wo sich eben ein Milchzahn bilden soll, discrete, kugelige Lager von Bindegewebe, welche, indem sie sich langsam vergrössern, gegen den Schmelzkeim und in ihn hinein wachsen, so dass eine jede dieser Zahnpapillen von dem Schmelzkeim, wie von einem Hut, bedeckt wird. Diese

einzelnen Abtheilungen des Schmelzkeimes werden von nun an *Schmelzorgan* (*Purkinje*) genannt. Die epithelialen Elemente des Schmelzorganes sind zu dieser Zeit nicht alle von derselben Beschaffenheit. Diejenigen, welche der Zahnpapille unmittelbar aufsitzen, zeigen eine exquisite, langgestreckte Cylinderform, während sie an der Peripherie mehr cubisch, ja fast abgeplattet erscheinen. Die sämmtlichen in dem Centrum des Schmelzorganes gelegenen Zellen sind rundlich oder polyedrisch.

Bald beobachtet man indessen eine eigenthümliche Veränderung der letztgenannten Zellen; sie verlieren ihr granulirtes Aussehen und schicken nach verschiedenen Seiten hin verästigte Fortsätze aus, welche mit denen der benachbarten

Fig. 111.

Senkrechter Durchschnitt durch eine Schneidezahn-Anlage (fünfmonatlicher, menschlicher Embryo). a Zahnwall, b Zahnfurche, c Uebergang der Schleimhaut auf die Lippe, d Zahnpapille von der Schmelzhaut überkleidet, e Schmelzpulpa, f Ueberrest der Verbindung des Schmelzorganes mit dem Mundhöhlenepithel, g Schmelzkeim des bleibenden Zahnes. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)

Zellen zusammenfliessen und so ein eigenthümliches Netzwerk formen, welches dem äusseren Aussehen nach mit dem Reticulum des adenoiden Gewebes die grösste Aehnlichkeit besitzt (Fig. 111 e.). In den Maschen dieses Netzwerkes ist eine schleimige Flüssigkeit angesammelt. In Folge dieses Vorganges hat das Schmelzorgan eine ganz veränderte Beschaffenheit erlangt; es stellt gewissermassen eine Blase dar, deren Wandung, von den unverändert gebliebenen Epithelzellen gebildet, noch immer durch einen epithelialen Strang mit dem Epithel der Zahnfurche in Verbindung steht; ihre Höhlung ist durch die erwähnte, eigenthümliche, lockere Gewebsform (*Schmelzpulpa* genannt) ausgefüllt. Von unten her erscheint diese Blase durch die stark in die Länge gezogene Zahnpapille eingestülpt (Fig. 111 d.).

Da nun im Laufe dieser Veränderungen das Bindegewebe, welches in der

unmittelbaren Umgebung liegt, sich etwas verdichtet hat und gleichsam eine Kapsel um die ganze Zahnanlage formt, so gelingt es von dem vierten Embryonalmonate an, die letztere in Gestalt eines kugelähnlichen Gebildes frei zu legen und auszuschälen. Dies sind die sogenannten *Zahnsäckchen*, welche man früher für ganz selbständige, genau abgegrenzte Bildungen hielt. Die Wandzellen des Schmelzorganes wurden als Epithel des Zahnsäckchens bezeichnet, und dabei zwischen *innerem* und *äusserem* Epithel unterschieden; dem ersteren, welches auch *Schmelzhaut* (*Membrana adamantinae*) genannt wird, entsprechen die langen, cylindrischen Zellen, welche mit der Zahnpapille eingestülpt worden sind, dem letzteren die kurzen, cubischen Zellen, welche die Schmelzpulpa von aussen her umhüllen.

Die Bildung der verschiedenen Substanzen des Zahnes geht nun in folgender Weise vor sich. Der Zahnschmelz geht aus den Zellen der Schmelzhaut hervor, so dass jede einzelne Zelle die Entstehung eines Schmelzprisma's vermittelt. Bevor noch dieser Prozess begonnen hat, ist bereits ein Theil des Zahnbeines fertig gebildet und umgibt in Gestalt einer tiefen Schale — *Zahnscherbchen* — die Kuppe der Zahnpapille.

Die Einleitung zur ersten Entwicklung des Zahnbeines ist in dem Auftreten der Odontoblasten zu suchen, welche ihrerseits aus den Bindesubstanzzellen der Papille hervorgegangen sind und sich an der Oberfläche der letzteren epithelartig an einander gereiht haben. Indem sie von ihren freien Enden aus lange Fortsätze aussenden, geben sie zunächst zur Bildung der Zahnfasern Veranlassung. Die Grundsubstanz des Zahnbeines selbst entsteht nun ebenfalls durch ihre Vermittlung und zwar, wie *Waldeyer* annimmt, durch „chemische und formelle" Umwandlung der Odontoblasten, nach der Anschauung *Kölliker's* aber durch Ausscheidung einer erhärtenden Flüssigkeit von Seite der letzteren.

Das Cement entsteht, ganz wie gewöhnlicher Knochen, aus dem Alveolarperiost, aber erst nachdem die Krone des Zahnes fertig geformt und die Wurzel sich herauszubilden begonnen hat, d. i. kurz vor dem Durchbruch des Zahnes.

Das Schmelzoberhäutchen bildet sich nach *Waldeyer* durch Verhornung der Zellen der Schmelzpulpa, nach *Kölliker* aber, nach Art der Cuticularbildungen bei niederen Thieren, aus einer ursprünglich flüssigen, später erhärtenden Ausscheidung der Schmelzzellen.

Die Zahnpulpa ist nichts anderes, als der Rest der Zahnpapille, welche sich, sobald der Zahn eine gewisse Stufe der Ausbildung erlangt hat, allmälig verkleinert*).

Die bleibenden Zähne entwickeln sich genau in derselben Weise, wie die Milchzähne; ihr Schmelzkeim ist schon in der embryonalen Anlage vorbereitet, indem sich nach einwärts von dem der Milchzähne ein abgesonderter Epithelialfortsatz in die bindegewebige Grundlage hinein erstreckt (Fig. 111 g.). Dieser beginnt seine weitere Entwicklung aber erst dann, wenn mit dem Auftreten neuer Zahnpapillen die Bildung der bleibenden Zähne eingeleitet wird.

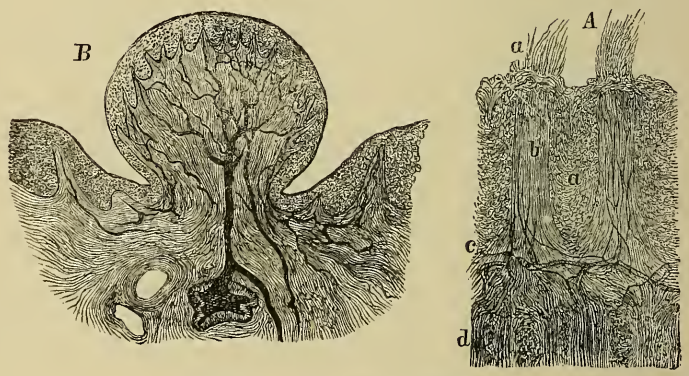
---

*) Gewisse Vorkommnisse an den ausgebildeten Zähnen finden in dem Modus der Entwicklung ihre Erklärung. Hierher gehören die sogen. *Owen'schen Contourlinien*; es sind dies mehrere, unter einander und mit dem äusseren Contour der Zahnkrone parallel laufende Linien, welche im Zahnbein an Längsschliffen mehr oder weniger deutlich hervortreten. Sie werden durch die schichtenweise Entstehung des Zahnbeines erklärt und sind nicht zu verwechseln mit den früher erwähnten *Schreger'schen* Linien. Eine ähnliche Streifung, jedoch mit hellbrauner Farbe, ist auf Durchschnitten des Schmelzes zu beobachten (*bräunliche Parallelstreifen von Retzius*) und in derselben Weise zu erklären.

3) Die Zunge.

Die *Schleimhaut* der Zunge ist, als ein Bestandtheil der Mundhöhlenschleimhaut, mit Bezug auf das histologische Detail ganz ähnlich gebaut wie diese, unterscheidet sich aber durch die Gestaltung ihrer Oberfläche in auffallendster Weise. Nur an der Unterseite der Zunge ist diese durchwegs glatt und eben, am Zungenrücken aber besitzt sie eine mehr weniger rauhe, filzähnliche Beschaffenheit, welche durch zahlreiche, dicht gedrängte, makroskopisch sichtbare Erhebungen der Schleimhaut — die *Zungenpapillen* — erzeugt wird. An dem Zungengrund fehlen zwar die Zungenpapillen, jedoch treten hier vielfache, hirse- bis hanfkorngrosse, flachgewölbte Erhabenheiten auf, welche den *Zungenbälgen* entsprechen.

Fig. 112.



A. Zwei fadenförmige Papillen aus dem vorderen Theile der menschlichen Zunge. a Epithelschichte, b Körper der Papille mit den aufsitzenden secundären Papillen, c Tunica propria der Schleimhaut, d oberflächlicher Theil des Zungenfleisches. (Frontaler Durchschnitt.)
B. Durchschnitt durch eine Papilla fungiformis der menschlichen Zunge.
(Hartnack, Syst. IV, Ocul. 2.)

Die *Zungenpapillen* unterscheiden sich von gewöhnlichen Schleimhautpapillen nicht nur durch viel bedeutendere Grösse, sondern auch durch ihre complicirtere Zusammensetzung. Sie stellen verschieden geformte Erhabenheiten der Tunica propria dar, welche ihrerseits mit gewöhnlichen Schleimhautpapillen — hier *secundäre Papillen* genannt — besetzt sind. Je nach ihrer Gestalt, nach der Anordnung der secundären Papillen und nach dem Verhalten des Epithelialüberzuges unterscheidet man drei verschiedene Typen der Zungenpapillen, welche allerdings noch verschiedene Mittelformen zwischen sich haben.

Bei den *Papillae filiformes* (*fadenförmige Papillen*) besitzt der bindegewebige Antheil eine ziemlich regelmässig cylindrische Form, eine Höhe von 0·3—1 Mm. und eine durchschnittliche Breite von

0·1—0·3 Mm. An seiner Spitze lauft er in eine Anzahl sehr feiner, secundärer Papillen aus (Fig. 112 A.). Die Epithelialbekleidung, wie in dem ganzen Bereich der Zungenschleimhaut, ein geschichtetes Pflasterepithelium, erhebt sich entsprechend einer jeden Papilla filiformis zu einem Aufsatz, welcher in der Regel in mehrere dünne, fadenförmige Ausläufer übergeht. Was diese letzteren betrifft, so sind sie ausschliesslich aus dicht an einander gefügten, schüppchenartigen Epithelzellen zusammengesetzt, welche sich aus den obersten Epithellagen erheben. Sie besitzen entweder eine ganz glatte Oberfläche oder erscheinen mehr weniger aufgefasert.

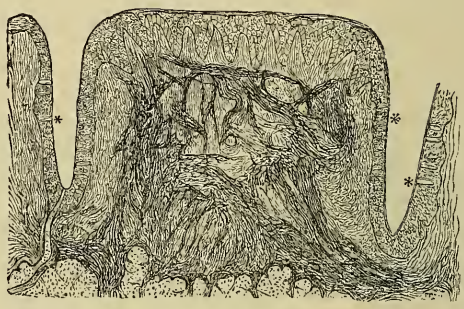
In allen Fällen ist es nöthig, zu ihrer genaueren Erforschung eine kurze Einwirkung verdünnter Essigsäure oder stark verdünnter Natronlauge zu Hülfe zu nehmen, wodurch die einzelnen Zellen aufquellen, und ihre Grenzen leichter sichtbar werden. Ganz gewöhnlich haften diesen fadenförmigen Anhängen die Keimlager eines Pilzes (Leptothrix buccalis) in Gestalt einer feinkörnigen Masse ringsum an, aus welcher man nicht selten die feinen Sporenfäden sich erheben sieht.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Oberfläche des Zungenrückens, je nach Alter und Individualität, ein sehr verschiedenartiges, makroskopisches Aussehen besitzt. Es rührt dies von zahlreichen Variationen in der Entwicklung des Epithelialüberzuges her. Derselbe ist bald sehr mächtig ausgebildet, seine fadenartigen Anhänge zahlreich und lang, bald aber (insbesondere bei Kindern) verhältnissmässig dünn, wobei die Papillen als einfache, stumpfe, nur wenig oder kaum über die Oberfläche vorragende Höckerchen erscheinen. Aber nicht nur bei verschiedenen Individuen, sondern auch an einer und derselben Zunge gibt es zahlreiche Varianten in der Form der fadenförmigen Papillen. An der Spitze und an den Seitenrändern der Zunge sind sie stets kleiner, die fadenförmigen Epithelanhänge fehlen oder sind nur rudimentär; gegen die Mitte des Zungenrückens werden sie allmälig grösser und dichter gedrängt und erreichen ihre stärkste Entwicklung in dem Winkel, welcher durch die Papillae vallatae begrenzt ist. Der gelegentlich, unter ganz normalen Verhältnissen vorkommende Befund eines scharf umschriebenen, gewöhnlich ovalen, etwas prominirenden, weissen Fleckens in der Mitte des Zungenrückens ist in einer aussergewöhnlichen Grössenentwicklung der fadenförmigen Papillen in allen ihren Theilen begründet; man kann in diesen Fällen eine Länge der Papillen bis zu 5 Mm. und darüber constatiren. Der bekannte, insbesonders bei Verdauungsstörungen auftretende, weisse Zungenbelag beruht auf einer stärkeren Wucherung der fadenförmigen Epithelanhänge, verbunden mit reichlicher Entwicklung des oben erwähnten Pilzes.

Die Papillae fungiformes seu clavatae (*pilz- oder keulenförmige Papillen*) zeigen eine halbkugelige oder ellipsoidische Form und sitzen in der Regel mit einer halsartigen Einschnürung der Schleimhaut auf, wesshalb sie wohl auch mit gewissen Pilzformen einige Aehnlichkeit besitzen (Fig. 112 B.). Ihr Schleimhautantheil erreicht eine Höhe von 0·5—1·5 Mm. bei einem Querdurchmesser, welcher entweder der Höhe gleichkommt oder um wenig grösser oder kleiner sein kann. Er ist in dem grössten Theile seines Umfanges mit secundären Papillen besetzt, welche hier verhältnissmässig kürzer und breiter als an den

Papillae filiformes gefunden werden. Ihr Epithelialüberzug ist gewöhnlich ganz glatt und eben, ohne die Spur von fadenförmigen Anhängen; da er ausserdem ziemlich dünn ist, so scheint der blutgefässreiche Bindegewebskörper mit röthlicher Farbe durch. Uebrigens kommen gewisse Abweichungen von dieser typischen Form nicht selten vor, indem einerseits der Körper der Papille cylinderähnlich wird, ohne dass eine halsartige Einschnürung bemerkbar würde, andererseits aber auch der Epithelialüberzug eine ähnliche Beschaffenheit annehmen kann, wie bei den Papillae filiformes. Doch sind die Epithelanhänge niemals sehr zahlreich und meistens ziemlich breit und kurz. Solche Papillen hat man als *Papillae conicae* besonders unterschieden.

Fig. 113.



Senkrechter Durchschnitt durch eine Papilla circumvallata der menschlichen Zunge, bei * in der seitlichen Furche enthält das Epithel zahlreiche Geschmacksknospen. Am Grunde der Furche ist die Mündung des Ausführungsganges einer serösen Drüse zu sehen. (Hartnack, Syst. IV, Ocul. 2.)

Die Verbreitung der pilzförmigen Papillen ist eine ziemlich regellose, nicht bei allen Individuen ganz gleichförmige. Sie sind am Zungenrücken, und zwar vorwiegend an dessen seitlichen Parthieen, zwischen die fadenförmigen Papillen bald spärlicher, bald reichlicher eingestreut, im Ganzen nach vorne zu kleiner, in der Gegend der umwallten Papillen grösser.

Die *Papillae circumvallatae s. truncatae* (*umwallte Papillen*) sind kurz cylindrische, 1—1·5 Mm. hohe und 1—3 Mm. breite Erhebungen der Schleimhaut, welche ringsum von einem leisten- oder wallartigen Schleimhautsaume umgeben sind; zwischen dem letzteren und der Seitenfläche der Papille findet sich eine bald tiefere, bald seichtere, kreisförmige Furche (Fig. 113). Der Körper der Papille ist im Ganzen aus demselben fein fibrillirten Bindegewebe geformt, wie die übrigen Papillen, jedoch treten in ihm reichliche derbere, verästigte und netzartig geordnete Faserbündel auf, welche sich insbesonders nach Carmintinction deutlich hervorheben. (Aehnliche Formationen gewahrt man übrigens, wenngleich nicht so scharf ausgeprägt, auch in den

Papillae fungiformes.) Die secundären Papillen sitzen ausschliesslich der oberen, ebenen Fläche der umwallten Papillen auf, die ganze seitliche Circumferenz bleibt davon stets vollkommen frei. Der Epithelialüberzug ist allenthalben glatt und eben und bietet bezüglich der oberen Fläche der Papille nichts Bemerkenswerthes. An der seitlichen Circumferenz erlangt er aber eine besondere Bedeutung dadurch, dass die Endapparate des Geschmacksnerven (*die Geschmacksknospen*) in ihm eingebettet sind.

Dieselben erscheinen an Durchschnittspräparaten schon bei ziemlich schwachen Vergrösserungen als knospenähnliche, senkrecht zur Epitheloberfläche gestellte Gebilde (Fig. 113*), welche sich wegen ihrer grösseren Durchsichtigkeit und wegen der eigenthümlichen Anordnung ihrer zelligen Elemente ziemlich scharf von dem umgebenden Epithel abheben. Die Zahl derselben variirt bei verschiedenen Individuen nicht unerheblich, und häufig (jedoch nicht constant) sind sie auch an der der Papille zugewendeten Seite des umgebenden Schleimhautwalles zu finden. Das Nähere darüber siehe unten (S. 424).

Bezüglich der Formverhältnisse der umwallten Papillen sei hervorgehoben, dass nicht selten eine Papille von einer seichteren oder tieferen Furche durchschnitten ist, so dass es mitunter zu einer vollständigen Zerspaltung derselben kommt, wo dann zwei Papillen von einem Schleimhautwalle umgeben zu sein scheinen. Ebenso häufig kommt es vor, dass der letztere mehrfach unterbrochen oder nur rudimentär entwickelt ist, oder dass die Einsenkung zwischen ihm und der Papille stellenweise kaum angedeutet ist. Diese und ähnliche, schon mit freiem Auge leicht erkennbare Formvarietäten müssen natürlich auch bei der mikroskopischen Untersuchung berücksichtigt werden.

Die *Papillae foliatae* (*Fimbriae linguae s. columnae rugarum*) bestehen aus mehreren, zu den Zungenrändern senkrecht gestellten, bei verschiedenen Individuen verschieden deutlich, bei manchen Thieren (Kaninchen) besonders ausgezeichnet entwickelten Schleimhautleisten, zwischen denen einzelne pilzförmige Papillen eingestreut liegen. Sie haben wegen ihres Gehaltes an Geschmacksknospen neuerdings ein grösseres Interesse in Anspruch genommen.

Die Zungenbälge (*Zungenbalgdrüsen*). Sie sind flache, linsenfömige Erhebungen der Schleimhaut, welche durch umschriebene Einlagerungen von adenoidem Gewebe in die Tunica propria bedingt sind. Man hatte sie ehedem zu den Drüsen gerechnet, weil sie grösstentheils eine an ihrer Kuppe ausmündende grössere oder kleinere Höhlung in sich schliessen. Die Untersuchung dieser Gebilde an senkrechten Durchschnitten zeigt folgendes: Das adenoide Gewebe ist in Form einer annähernd kugelähnlichen, zusammenhängenden Masse in den obersten Schichten der Tunica propria eingebettet.

Es ist in manchen Fällen völlig gleichförmig ausgebreitet, meistentheils jedoch bemerkt man einzelne bald grössere, bald kleinere, follikelähnliche Gebilde deutlich aus der diffusen Masse hervortreten. Eine constante Lagerung oder Gruppirung derselben lässt sich durchaus nicht erweisen. Das umliegende fibrilläre Bindegewebe ist am Grunde und an der Seite dieser adenoiden Gewebseinlagerungen gewöhnlich etwas fester gewebt, so dass es eine Art von Kapsel um dieselben herzustellen scheint; mitunter fehlt eine solche gänzlich, niemals aber beobachtet man einen allmäligen Uebergang der beiden benachbarten Gewebsformen. Nach oben zu reicht das adenoide Gewebe fast bis unmittelbar unter das Epithel, so dass die Schleimhaut-

Fig. 114.

Senkrechter Durchschnitt durch die Mitte eines Zungenbalges des Menschen.
a. Adenoides Gewebe mit mehreren, scharf umgrenzten Follikeln, b. Schleimdrüsen. (Vergrösserung 40fach.)

papillen entweder völlig verschwinden, oder nur klein und spärlich anzutreffen sind. Ist der Durchschnitt genau in der Mitte des Zungenbalges geführt worden, so dass die centrale Höhlung und deren freie Ausmündung in ihn hineinfallen, so sieht man, dass das geschichtete Pflasterepithel ohne merkliche Veränderung seiner Beschaffenheit sich in die Höhlung einsenkt und sie völlig auskleidet. Die letztere selbst erscheint entweder als eine kurze, blindsackförmige Einsenkung, oder sie ist an ihrem Grunde mehr oder weniger ausgeweitet. Meistens findet man in ihr geronnenen Schleim, mit abgestossenen Epithelzellen vermengt, enthalten.

Der Fundort der Zungenbälge ist der Grund der Zunge, namentlich die Seitentheile desselben. Ihre Grösse unterliegt sehr beträchtlichen, individuellen Schwankungen. Auffallende Vergrösserung derselben scheint hauptsächlich bei krankhaften (katarrhalischen) Zuständen vorzukommen. Aussergewöhnlich geschwellt habe ich sie ganz constant an Choleraleichen gefunden.

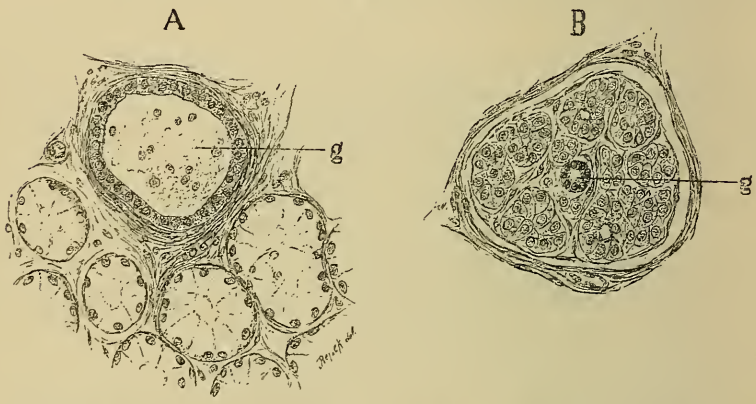
Das submucöse Bindegewebe zeigt in den verschiedenen Regionen der Zunge nicht unerhebliche Abweichungen, sowohl mit Bezug auf seine Masse als auch auf seine Fügung. An der Spitze und an dem Rücken der Zunge ist es in beträchtlicher Stärke vorhanden und so dicht gewebt, dass es den Charakter einer fibrösen Haut annimmt (*Fascia linguae*), welche sowohl mit der Tunica propria, als auch mit dem unterliegenden, intramuskulären Bindegewebe sehr fest verschmolzen ist. Eine Abgrenzung gegen das letztere hin lässt sich um so weniger feststellen, als allenthalben die Bündel der Zungenmuskulatur sich in die Fascia linguae hinein erstrecken. Am Zungengrunde ist hingegen die Submucosa viel lockerer gewebt, so dass sich die Schleimhaut leicht in Falten abheben lässt.

Die Muskulatur der Zunge setzt sich bekanntlich aus verschiedenen Einzelnmuskeln zusammen, welche sich bis zu einer bestimmten Grenze anatomisch gut sondern lassen. Soweit die Anordnung derselben Gegenstand der mikroskopischen Beobachtung ist, kann man folgendes darüber aussagen. Alle Zungenmuskeln zerfallen, nachdem sie sich der Schleimhaut auf eine gewisse Distanz genähert haben, in eine grosse Anzahl von Bündeln, welche sich gegenseitig innig durchflechten, ihrer Verlaufsrichtung nach aber ziemlich genau den drei Hauptdimensionen der Zunge entsprechen. Man unterscheidet daher longitudinale, transversale und senkrechte Bündel.

Die longitudinalen Bündel, der Hauptsache nach aus dem M. lingualis, dem styloglossus und dem hinteren Antheile des hyoglossus hervorgehend, sind am Zungenrücken die oberflächlichsten und nehmen, je weiter gegen die Zungenspitze hin, um so mehr, im Verhältniss zu den übrigen, an Zahl zu. Die senkrechten Bündel sind die Ausläufer des M. genioglossus und des vorderen Antheiles des hyoglossus. Aus der Tiefe des Zungenfleisches gegen die Schleimhaut des Zungenrückens ausstrahlend, lösen sie sich daselbst in ihre einzelnen Fasern auf, welche sich in der Fascia linguae und in der Schleimhaut selbst verlieren; an der Zungenspitze fehlen sie übrigens gänzlich. Die transversalen Muskelbündel (dem Musculus transversus linguae angehörend) finden sich am Zungenrücken erst in einigem Abstand von der Schleimhaut, sind also tiefer als die longitudinalen Bündel gelegen; sie heften sich einerseits an eine median durch das Zungenfleisch von vorne nach hinten verlaufende Bindegewebsplatte (*das Septum linguae*), andererseits an die Schleimhaut der Seitenränder der Zunge an. — Indem sich so die Muskelbündel unter rechten Winkeln durchflechten, erhält man an Durchschnitten des gehärteten Organes ein zierliches Gitterwerk. Ist der Schnitt in frontaler Richtung durch den Zungenrücken geführt

worden, so sieht man unter der Schleimhaut die Querschnitte der longitudinalen Bündel von den senkrecht aufsteigenden Bündeln unterbrochen (vergl. Fig. 112 A.), in der Tiefe aber die lezteren mit transversalen Bündeln durchkreuzt. Mit Bezug auf die histologischen Charaktere der Muskelfasern ist hervorzuheben, dass sie sämmtlich der quergestreiften Form angehören, und dass vielfach an ihnen dichotomische Theilungen beobachtet worden sind. Das intramuskuläre Bindegewebe ist im Ganzen ziemlich reichlich vorhanden und in den hinteren Abschnitten der Zunge gewöhnlich mit zahlreichen Fettzellen — fetthaltigen Bindegewebszellen — besetzt.

Fig. 115.



A. Theil eines Schleimdrüschens aus dem Zungengrund des Menschen. g. Ausführungsgang. B. Seröses Drüschen aus der Umgebung der Papillae vallatae des Menschen. g. Ausführungsgang. Alkoholhärtung. Carminfärbung. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2.)

Die drüsigen Einlagerungen der Zunge gleichen in Bezug auf ihre Formationen so ziemlich denen der Mundhöhlenwandungen; ihre Anordnung ist eine ganz ungleichmässige. Am Grunde der Zunge, in der Gegend der Zungenbälge und umwallten Papillen, sind sie dicht gedrängt und erstrecken sich weit in die Tiefe zwischen die Muskelbündel. Die Einzelndrüschen sind klein, von langgestreckter Form; ihre Ausführungsgänge münden zahlreich an der glatten Schleimhautoberfläche des Zungengrundes, und constant auch mehrere von ihnen in der ringförmigen Vertiefung, welche die umwallten Papillen umgibt, sowie auch in dem sogen. Foramen coecum. In dem vorderen Theile der Zunge trifft man nur entlang den seitlichen Rändern auf Schleimdrüschen. Dieselben sind nahe an der Spitze zu einem grösseren Klümpchen geballt, welches unter dem Namen der *Nuhn'schen Drüse* bekannt ist; ihre Gänge (4—6 an Zahl) münden an der Unterfläche der Zungenspitze aus. Kleinere, nicht so beständige Gruppen kommen

entlang den Zungenrändern nach rückwärts zu vor; ihre Ausführungsgänge sind theils am Seitenrande, theils an der unteren Fläche der Zunge zu finden.

Mit Rücksicht auf den feineren Bau sind zweierlei Arten von Zungendrüschen zu unterscheiden (*v. Ebner*). Die einen gehören in die Kategorie der serösen Drüsen (vergl. unten) und sind auf die Umgebung der Papillae vallatae und foliatae beschränkt. Sie sind dadurch ausgezeichnet, dass ihre Secretionszellen wenig durchsichtig, dicht und fein granulirt erscheinen und im frischen Zustande ihre Grenzen nicht deutlich erkennen lassen; sie färben sich durch Carmin sehr leicht und intensiv. Nach den Mittheilungen *Flemming's* ist das feinkörnige Aussehen dieser Zellen auf eine feinfädige Structur des Protoplasmas zurückzuführen.

An den übrigen Theilen der Zunge zeigen die Secretionszellen der Drüschen eine vollkommene Uebereinstimmung mit denen der *Schleimdrüschen* anderer Regionen, d. h. sie sind hell, durchsichtig, fast homogen, scharf von einander abgegrenzt und färben sich nicht mit Carmin. Sie besitzen an ihrem Basaltheile seitliche, schüppchenförmige Anhänge und lassen durch chemische Reaction ihren Gehalt an Schleim nachweisen.

Blutgefässe der Zunge. Ihre Anordnung in der Schleimhaut ist vorzüglich durch die Gestaltung der Papillen bestimmt. In allen Zungenpapillen findet sich ein Netzwerk feinerer Arterien und Venen, aus welchem sich für eine jede der secundären Papillen eine einfache Capillarschlinge erhebt. Je nach der Grösse der Zungenpapillen ist dann auch das Netzwerk verschieden entwickelt. In den Papillae vallatae ist insbesondere der venöse Antheil desselben durch eine grössere Zahl von weiten, unter einander zusammenhängenden Gefässchen ausgezeichnet, welche sich an der Basis der Papille zu zwei bis drei Stämmchen sammeln. Diese steigen in die tiefsten Schichten der Schleimhaut herab und senken sich daselbst in ein grobes Venennetz ein, welches mit länglichen Maschen sich über den ganzen Zungengrund ausbreitet und endlich durch die Venae dorsales linguae seinen Abfluss findet. Dieses Venennetz ist übrigens keineswegs an dem Grunde der Zunge abgeschlossen, sondern hängt mit den submucösen Venennetzen des Rachens, des weichen Gaumens und der Tonsillen unmittelbar zusammen.

Die Muskulatur und die Drüsen der Zunge zeigen bezüglich der Gefässe dieselben Verhältnisse, wie sie überhaupt an diesen Gebilden zu treffen sind. Ebenso gilt bezüglich der Zungenbälge dasselbe, was schon oben über die Gefässanordnung in analogen adenoiden Formationen bemerkt worden ist.

Die *Lymphgefässe* der Zunge sind zuerst durch die Untersuchungen *Teichmann's* näher bekannt geworden. Sie bilden in den tieferen Schleimhautschichten ein dichtes Netzwerk gröberer Gefässe und ein oberflächliches, feineres, welches zu den Zungenpapillen Beziehungen erhält. In den fadenförmigen Papillen findet man häufig ein einfaches, verhältnissmässig weites Gefäss, welches sich aus dem an ihrer Basis befindlichen Netze erhebt. In der Axe der Papille steigt es bis nahe an das Epithel hinauf und endigt daselbst blind. In den pilzförmigen und umwallten Papillen begegnet man mehr oder weniger verzweigten Netzen von Lymphcapillaren. Durch besonders reiche Entwicklung der letzteren zeichnet sich die unmittelbare Umgebung der Zungenbälge aus. Diese selbst sind in verschiedenen Richtungen von capillaren Lymphgefässen durchzogen, welche nur dann eine typische Anordnung zeigen, wenn es zur Differenzirung von Follikeln gekommen ist. Es lassen sich in diesem Falle durch Injection ziemlich dichte, die einzelnen Follikel umspinnende Netze nachweisen.

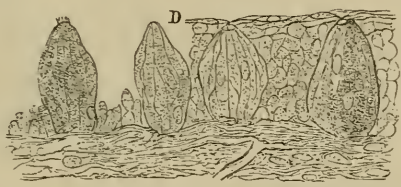
Die *Nerven*, welche sich in der Schleimhaut der Zunge verzweigen — N. lingualis, glossopharyngeus — besitzen die Eigenthümlichkeit, dass in dem Verlaufe ihrer feineren Zweigchen, besonders im Bereiche des letzteren Nerven, einzelne oder zu kleinen Gruppen gesammelte Ganglienzellen vorkommen. Ihre Endausbreitung ist nicht leicht zu erforschen. Nach *W. Krause* dringen in die fadenförmigen Papillen niemals doppelt contourirte Fasern ein; man kann solche nur bis zur Basis dieser Papillen verfolgen, woselbst sie mit kugeligen Endkolben endigen. Hingegen enthalten die pilzförmigen und umwallten Papillen in der Gegend ihrer Axe ein oder mehrere Bündelchen von markhaltigen Nervenfasern, welche sich mehrfach theilen und unter einander anastomosiren. Einzelne dieser Fasern gehen schliesslich in Endkolben über, welche an der Basis der secundären Papillen gelegen sind; der grösseren Mehrzahl nach aber verlieren sie unter fortgesetzten Theilungen allmälig ihre Markscheide und gehen in feine, marklose Fasern über, welche höchst wahrscheinlich mit den bereits erwähnten *Geschmacksknospen* zusammenhängen.

Diese, auch *Geschmackszwiebeln* oder *Schmeckbecher* genannt (*Schwalbe*, *Lovén*), sind nach Art einer Knospe geformt (Fig. 116) und aus zweierlei eigenartigen Zellen zusammengesetzt, von denen die an der Peripherie gelegenen als *Deckzellen*, die im Inneren des Gebildes befindlichen als *Geschmackszellen* bezeichnet werden.

Die *Deckzellen* (Fig. 117 C.) stellen lange, schmale, mit einem oblongen Kerne versehene Schüppchen dar, deren Ränder häufig leicht gezähnelt erscheinen. An ihrem basalen Ende sind sie entweder einfach zugespitzt oder auch in zwei bis drei kurze Fortsätze zerspalten,

während das gegen die Schleimhautoberfläche zugewendete Ende in ein feines Stiftchen ausläuft. Eine grössere Zahl dieser Deckzellen ordnet sich nach Art der Blätter einer Blüthenknospe in mehreren Lagen über einander und formt so ein Gehäuse, in dessen Axe die *Geschmackszellen* eingeschlossen sind. Diese erscheinen in Gestalt von langen, dünnen Spindeln (Fig. 117 B.), welche ungefähr in der Mitte, dort, wo der ellipsoidische Kern sich befindet, eine bauchige Auftreibung besitzen. Der gegen die Basis der Knospe zu gerichtete Theil dieser Zellen ist meist sehr dünn, fadenförmig und zerfährt in zwei oder mehrere zarte Fortsätze, welche ihrem ganzen Aussehen nach feinsten Nervenfibrillen ähnlich sind. Sie lassen sich denn auch in einzelnen günstigen Fällen in das dem Epithel unterliegende Schleimhautgewebe verfolgen, entziehen sich jedoch bald der weiteren Beobachtung. Ihr Zusammenhang mit den früher erwähnten marklosen Nervenfasern der

Fig. 116.



Aus einem Horizontaldurchschnitt durch eine Papilla circumvallata des Menschen. Das Epithelstratum ist zum Theile abgefallen und die Geschmacksknospen in situ sichtbar (D). (Die Zunge war durch 4 Tage der Einwirkung *Müller'scher* Flüssigkeit ausgesetzt gewesen.) (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2.)

Papillen ist zwar nicht direkt festgestellt, darf aber mit der grössten Wahrscheinlichkeit als vorhanden angenommen werden. Dies vorausgesetzt, sind also die Geschmackszellen als Sinneszellen im Sinne der Erörterungen auf S. 316 zu betrachten. Jener Theil der Geschmackszellen, welcher von der Kernauftreibung bis an die Spitze der Geschmacksknospen hin reicht, ist etwas stärker, schärfer contourirt, stäbchenförmig, an dem oberen Ende gewöhnlich scharf zugespitzt. Jede Geschmacksknospe enthält mehrere dieser Zellen.

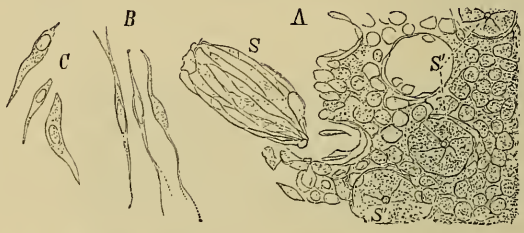
Mit Bezug auf die Einlagerung der Geschmacksknospen in das Epithel ist nachzuholen, dass die Basis derselben an der Oberfläche der Tunica propria der Schleimhaut aufruht, ihre Spitze ganz nahe bis in die obersten Lagen des Epithels hinanreicht. Der letzteren entsprechend bemerkt man gewöhnlich die Andeutung einer flach trichterförmigen Vertiefung der Epitheloberfläche, welche gewissermassen den Zugang zur Geschmacksknospe darstellt (*Geschmacksporus Engelmann*). Bei der Ansicht von oben her zeigt sich derselbe als eine enge, kreisrunde Oeffnung, in deren Tiefe man Stiftchen der Deckzellen, kranz-

artig angeordnet, gewahr wird. Bei etwas tieferer Einstellung erscheint der rundliche, optische Querschnitt der Geschmacksknospe selbst, innerhalb dessen namentlich die Gruppirung der Deckzellen deutlich zu erkennen ist.

Das Vorkommen der Geschmacksknospen beschränkt sich nicht nur auf die beiden, bereits genannten Oertlichkeiten: die Papillae circumvallatae und die Papillae foliatae; man hat sie in wechselnder Zahl auch an den pilzförmigen Zungenpapillen, am weichen Gaumen, an den Gaumenbögen und an der hinteren Fläche des Kehldeckels (*Krause*) nachzuweisen vermocht.

Als Methode ihrer Darstellung und Untersuchung kann ein mehrtägiges Einlegen des möglichst frischen Objektes in *Müller'sche* Flüssigkeit empfohlen werden, worauf sich durch Anfertigung dünner Schnitte und vorsichtiges Behandeln derselben mit Nadeln recht gute Präparate gewinnen lassen. Auch Behandlung mit

Fig. 117.



Zupfpräparat aus der Epithellage des seitlichen Abhanges einer Papilla vallata (Mensch), nach vorausgegangener viertägiger Einwirkung von *Müller'scher* Flüssigkeit.

A. Ein Theil der Epithelbekleidung von der Fläche her gesehen, die Schmeckbecher (S') im optischen Querschnitt — einer davon (S) nach der Seite umgelegt.

B. Geschmackszellen.

C. Deckzellen. (Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 2.)

Ueberosmiumsäure oder Chlorgold (beide in sehr verdünnten Lösungen) leistet Entsprechendes. Für die erste Orientirung über ihre Zahl und Lage genügen auch Durchschnitte durch in Alkohol erhärtete Objekte, welche man allenfalls noch mit Carmin oder Anilinroth tingiren kann.

4) Der Schlundkopf und die Speiseröhre.

Die Wandung beider besteht aus drei Schichten: der Schleimhaut, der Muskulatur und der äusseren Faserhaut.

Die Schleimhaut zeigt ganz ähnliche Bauverhältnisse, wie die der Mundhöhle: Eine papillentragende Tunica propria aus fibrillärem Bindegewebe, eine im Ganzen ziemlich locker gewebte, submucöse Schichte mit eingelagerten kleinen Schleimdrüschen und ein geschichtetes Pflasterepithel. Die Schleimhautpapillen sind im Allgemeinen kegelförmig, im Bereiche des Rachens und des oberen Theiles der Speiseröhre etwas kleiner als in dem untersten Abschnitte der letzteren. Die Schleimdrüschen sind in der Submucosa eingebettet, im Schlundkopfe reich-

licher als im Oesophagus, und insbesondere in den obersten Partheien des ersteren theilweise zu zusammenhängenden Lagen geordnet. Im Anfangstheile der Speiseröhre sind sie nur ganz zerstreut zu finden, die einzelnen Drüschen klein, aus wenigen Bläschen zusammengesetzt. Je weiter nach abwärts, um so spärlicher werden sie, bis sie endlich in der unteren Hälfte der Speiseröhre gänzlich verschwinden.

Eine eigenartige Beschaffenheit erlangt die Schleimhaut im Fornix pharyngis und in der Nähe des Isthmus faucium, und zwar einerseits dadurch, dass sie am ersteren Orte, wo sie continuirlich in die Schleimhaut der Nasenhöhle übergeht, zum Theil die Charaktere der letzteren annimmt, andererseits aber durch die an beiden genannten Stellen vorkommenden reichlichen Einlagerungen von adenoidem Gewebe. Im Fornix pharyngis, und zwar in der Nähe der Choanen, ist das Bindegewebe der Schleimhaut stets mehr oder weniger von lymphoiden Zellen durchsetzt und mit einem geschichteten, flimmernden Cylinderepithel versehen. Dieses scheint sich beim Erwachsenen verschieden weit nach rückwärts fortzusetzen, bis es in das geschichtete Pflasterepithel übergeht. Beim Kinde ist stets das ganze Cavum pharyngo-nasale mit flimmerndem Epithel ausgestattet (*Klein*). Die Submucosa enthält zahlreiche, traubige Schleimdrüschen.

Die Einlagerung von adenoidem Gewebe kommt zum Theil an verschiedenen kleinen, circumscripten Stellen an der oberen und seitlichen Parthie des Cavum pharyngo-nasale vor, insbesondere aber ist es ein schmales Gebiet der Schleimhaut, welches sich über das Dach des Schlundkopfes von einer Tubenmündung zur anderen erstreckt (*Pharynxtonsille*), an welchem es zu grösseren, zusammenhängenden Massen angehäuft ist. Die Anordnung dieses Gewebes ist beim erwachsenen Menschen gewöhnlich eine ganz diffuse; selten nur begegnet man deutlich umgrenzten, follikelähnlichen Gebilden; ebenso fehlen die letzteren beim Fötus und beim neugebornen Kinde. Hingegen findet man an Kindern von 1—2 Jahren stets Follikel in grosser Zahl und in typischer Ausbildung (*Ganghofner*). Eine Gruppirung der adenoiden Formationen nach Art der Zungenbälge ist, wenn sie hier überhaupt vorkommt, jedenfalls sehr selten.

Durch ähnliche Anhäufungen adenoiden Gewebes werden auch die zu beiden Seiten des Racheneinganges befindlichen *Mandeln* (*Tonsillen*) geformt. Ihr Bau ist nicht nur bei verschiedenen Thieren ein mannigfach wechselnder (sie fehlen vielen derselben ganz und gar), auch beim Menschen kommen je nach Alter und Individuum manche Variationen desselben vor.

Als einfachste Form der Mandel kann jene gelten, welche beim Kaninchen beobachtet wird. Es besteht dort eine einfache Ausstülpung

der Schleimhaut, welche durch Infiltration mit adenoidem Gewebe verdickt ist und auch einzelne, circumscripte Follikel erkennen lässt. Es kann somit die Mandel des Kaninchens als ein grosser Zungenbalg betrachtet werden. Beim Menschen, und namentlich während des kindlichen Alters, zeigt jede Mandel eine grössere Anzahl ähnlich beschaffener Schleimhautbuchten, welche aber nicht alle gesondert an der Oberfläche münden. Es finden sich vielmehr im Inneren der Mandel einzelne grössere Hohlräume, deren jeder mehrere solcher balgartiger Buchten in sich aufnimmt und die gemeinsame Ausmündung derselben an die Oberfläche mittelst einer rundlichen oder spaltartigen Oeffnung vermittelt. Es wäre somit die menschliche Tonsille als eine Anhäufung zahlreicher Zungenbälge zu betrachten. Stets enthält sie überdies eine grössere Anzahl traubiger Schleimdrüschen, deren Ausführungsgänge sich zum Theil in die inneren Hohlräume, zum Theil an die Oberfläche öffnen. Die äussere Umgrenzung der Mandel wird durch eine ziemlich festgewebte Bindegewebsmembran hergestellt.

Beim erwachsenen Menschen ist übrigens dieser typische Bau in der Regel kaum zu erkennen. Man findet da gewöhnlich ganz unregelmässig geformte Massen adenoiden Gewebes von bindegewebigen Scheidewänden und von Gruppen traubiger Schleimdrüschen durchsetzt und dazwischen spaltenartige, mit Schleimhaut bekleidete Räume ohne gesetzmässige Anordnung. Wo das adenoide Gewebe bis unmittelbar an die Epithellage heranreicht, ist die letztere stets reichlich von lymphoiden Zellen durchsetzt (*Stöhr*).

Die Beschaffenheit der *Muskelschichten*, welche der Schleimhaut von aussen her angelagert sind, ist im Bereiche des Schlundkopfes und der Speiseröhre keineswegs eine übereinstimmende, wenngleich sie in einer Flucht von dem ersteren in die letztere übergehen. In Betreff des Schlundkopfes ist hier nur zu bemerken, dass seine Muskulatur ausschliesslich aus quergestreiften Fasern besteht, und dass stellenweise aus den innersten Muskellagen einzelne kleine Bündel sich zur Schleimhaut abzweigen, um in dieser zu endigen. Die Anordnung der Muskulatur ist leicht mit freiem Auge zu übersehen, und daher Gegenstand der anatomischen Präparation. In der Speiseröhre ist die Muskulatur durchgehends in einer doppelten Schichte vorhanden und derart geordnet, dass die äussere, dickere Schichte aus Elementen besteht, welche der Längsaxe des Rohres parallel laufen, die innere aber aus circulären, quer zu der letzteren gelagerten Fasern zusammengesetzt ist. Ganz vereinzelte, der Länge nach geordnete Muskelbündel trifft man übrigens auch ab und zu in der inneren Schichte. Im Halstheile der Speiseröhre besteht die Muskulatur ausschliesslich aus quergestreiften Elementen; aber schon im obersten Brusttheile zeigen sich in beiden

Schichten einzelne Bündel von glatten Muskelfasern eingelagert, welche weiter nach abwärts ziemlich rasch an Zahl zunehmen und die quergestreiften Elemente ersetzen, so dass in der unteren Hälfte der Speiseröhre nur mehr glatte Fasern vorkommen. An der hinteren Wand der Röhre reichen übrigens die quergestreiften Fasern etwas tiefer herab als an der vorderen.

Bei vielen Thieren besitzt auch noch der unterste Theil der Speiseröhre quergestreifte Muskelfasern. Nach einer Beobachtung von *Treitz* gehen einzelne Muskelbündel aus der Längsschichte in kurze, zumeist aus elastischer Substanz geformte Sehnen über, welche sich dann in der äusseren Faserhaut verlieren.

Von den eben beschriebenen Muskelschichten, welche zusammengenommen als *Tunica muscularis externa* bezeichnet werden, ist wohl zu unterscheiden eine andere Lage von glatten Muskelfasern, welche in der Schleimhaut der Speiseröhre selbst, und zwar an der Grenze zwischen Tunica propria und submucosa, eingefügt ist (*Muscularis mucosae*). Sie besteht aus bündelweise geordneten, der Länge nach verlaufenden Fasern, welche im Halstheile nur vereinzelt vorkommen, im ganzen Brusttheile aber eine zusammenhängende Schichte bilden.

Die *äussere Faserhaut* des Schlundkopfes und der Speiseröhre ist aus derbfaserigem Bindegewebe zusammengesetzt und mit reichlichen elastischen Fasern durchsetzt. Von ihr aus ziehen sich zahlreiche Dissepimente zwischen die Bündel der Muscularis externa hinein.

Blutgefässe, *Lymphgefässe* und *Nerven* zeigen analoge Verhältnisse, wie in der Mundhöhle.

5) Der Magen.

Die Schleimhaut. Das Grundgewebe der Tunica propria muss als eine Zwischenform zwischen fibrillärem Bindegewebe und adenoidem Gewebe angesehen werden. Es enthält in wechselnder Zahl und Anordnung feine Bündel von leimgebenden Fibrillen, zwischen welchen sich vielfach verzweigte und netzartig zusammenhängende Bindesubstanzzellen nebst lymphoiden Zellen nachweisen lassen. In Folge der reichlichen Einlagerung von Schlauchdrüsen, welche sich dicht eine neben der anderen ordnen, kommt es im Allgemeinen nicht zu einer stärkeren Anhäufung dieses Gewebes; nur am Grunde der Drüsen erscheint eine schmale, fortlaufende Lage desselben und von dieser aus ziehen sich dünne Scheidewände entlang den Seiten der Schlauchdrüsen hin, so dass für eine jede der letzteren ein besonderes Fach gebildet wird. Es lässt sich diese Gestaltung des Schleimhautgewebes am besten mit der einer Honigwabe vergleichen.

Es ist jedoch zu bemerken, dass mitunter ganz beschränkte Anhäufungen von wahrem adenoidem Gewebe in Gestalt mehr oder weniger scharf umschriebener Follikel in der Tunica propria sich vorfinden, an welchen Stellen dann die Schlauchdrüsen gänzlich fehlen oder nur in grösseren Abständen von einander vorhanden sind. Sie kommen beim Menschen in dem pylorischen Theile des Magens in individuell sehr wechselnder Anzahl vor. Man hat sie früher als *Glandulae lenticulares* bezeichnet.

Das *Epithelium*, mit welchem die innere Oberfläche des Magens bekleidet ist, besteht aus einer einfachen Lage cylindrischer oder kegelförmiger Zellen. Dieselben lassen an ihren seitlichen Flächen ganz deutlich eine differenzirte Zellmembran erkennen, während an ihrer freien, der Magenhöhle zugewendeten Fläche eine solche zu fehlen scheint. Der Körper dieser Zellen ist nicht durchgehends von derselben Beschaffenheit. Während der untere Theil der Zelle, in welchem der oblonge Kern gelegen ist, stets feinkörnig, mattglänzend erscheint, fällt der obere Theil durch die homogene, helle, durchsichtige Beschaffenheit der Zellsubstanz auf. Sowohl in frischem Zustande, als besonders nach mehrtägiger Einwirkung von *Müller'scher* Flüssigkeit, sieht man diese hyaline Substanz häufig wie in hellen Tropfen über dem freien, offenen Ende der Zelle hervorragen. Nach den Mittheilungen *Biedermann's* zeichnet sich dieser obere Antheil des Zellkörpers auch dadurch aus, dass er sich, im Gegensatze zu den übrigen Abschnitten der Zelle, mit wässrigem Anilinblau färben lässt. *Biedermann* betrachtet denselben als eine besondere, constant vorkommende Inhaltsportion der Zelle (modificirtes Protoplasma), welche unter gewissen Umständen eine feine Längsstreifung erkennen lässt und ein hervorragendes Quellungsvermögen besitzt, insbesondere aber während der Verdauung an Umfang zunimmt. Andere Histologen (*Heidenhain, Ebstein, Stöhr*) erblicken in dem geschilderten Verhältniss eine schleimige Metamorphose des betreffenden Theiles der Zelle, welche typisch während der Zeit der Verdauung erfolgt.

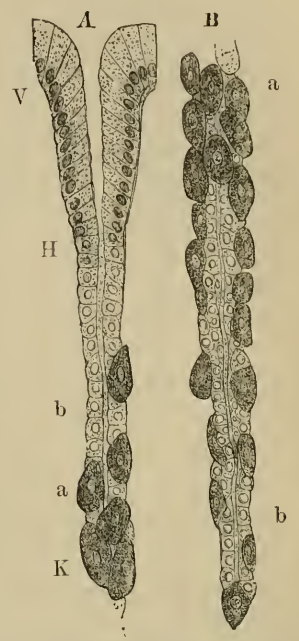
Die *Drüsen* der Magenschleimhaut sind von zweierlei Art und werden als *Labdrüsen* und *Schleimdrüsen* unterschieden.

Die *Labdrüsen* (*Pepsindrüsen*) sind an Zahl bei Weitem überlegen und nehmen die Cardia und den Fundus des Magens fast ausschliesslich ein. Aber auch im pylorischen Theil sind sie noch neben den Schleimdrüsen zu treffen. Sie haben die Gestalt schmaler, blind endigender Schläuche (Fig. 106 B.), von welchen 3—4 oder auch mehrere in den Grund eines kurzen, trichterförmigen Ganges (*Vorraum der Labdrüsen*, Fig. 118 V.) sich einpflanzen, um durch Vermittlung des letzteren in die Höhlung des Magens zu münden. An der Labdrüse selbst kann man den *Körper* (K.) und den *Hals* (H.) unterscheiden,

insofern als sie mittelst eines mehr oder weniger verdünnten Stückes, welches auch besondere Bauverhältnisse zeigt, in den Vorraum übergeht.

Als charakteristische Formelemente der Labdrüsen sind zweierlei Zellen zu verzeichnen: Die einen sind durch ihre beträchtliche Grösse, durch unregelmässig polyedrische Gestalt, durch auffallend trübe, körnige Beschaffenheit gekennzeichnet. Sie erscheinen in ganz frischem Zustande äusserst feinkörnig, wenig scharf begrenzt, ihr Kern ist kaum sichtbar. Längere Zeit nach dem Absterben, und nach Zusatz von Wasser oder Kochsalzlösung erhalten sie schärfere Contouren, ihre Granulirung erscheint gröber, ihr Kern, verhältnissmässig klein, rundlich, einfach contourirt, tritt nun mehr weniger deutlich hervor. Durch Zusatz von verdünnter Essigsäure quellen diese Zellen merklich auf, werden heller und durchsichtiger, ihr Kern wird nun fein granulirt und hebt sich scharf von der Umgebung ab. Diese Zellen sind schon seit langer Zeit unter dem Namen der *Labzellen* bekannt gewesen und haben bis vor einigen Jahren als die alleinigen zelligen Bestandtheile der Labdrüsen gegolten.

Fig. 118.



Längsschnitt durch eine Labdrüse aus dem Magen der Katze. (Glycerinpräparat, Färbung mit Carmin und Hämatoxylin.)

A. Innerer Abschnitt mit dem Vorraum (V.), dem Halse (H.) und dem innersten Theile des Körpers (K.).

B. Aeusserer Theil des Drüsenkörpers.

Bei a delomorphe, bei b adelomorphe Zellen. (Hartn., Immers. Syst. X, Ocul. 2.)

(Die adelomorphen Zellen sind im Verhältniss zur Höhe etwas zu breit gezeichnet.)

Nun wurde aber durch *R. Heidenhain* und durch *A. Rollett* gleichzeitig die Entdeckung gemacht (*Kölliker* hatte schon viel früher ganz Aehnliches von dem Magen des Hundes beschrieben, aber, wie es scheint, für einen vereinzelten Befund gehalten), dass an dem Aufbau der Labdrüsen noch eine zweite Art von Zellen betheiligt ist; diese unterscheiden sich sehr wesentlich von den Labzellen durch ihre bedeutend geringere Grösse, durch ihre cubische, cylindrische oder conische Form und durch ihre viel grössere Empfindlichkeit gegen die Einwirkung chemischer Reagenzien. Sie werden durch Zusatz von Wasser, noch schneller aber durch Einwirkung verdünnter Alkalien völlig zerstört; in mässig concentrirten Säuren schrumpfen sie stark ein. Ihr Kern, von kugeliger Form, ist im frischen Zustande gewöhnlich nicht zu erkennen. Diese Zellen sind von *Rollett* als *adelomorphe* *)

*) δῆλος offenbar, deutlich — ἄδηλος undeutlich; die Bezeichnungen beziehen

Zellen, von *Heidenhain* als *Hauptzellen* bezeichnet worden. Für die Labzellen hat der erstere Autor den Namen *delomorphe Zellen*, der letztere den Namen *Belegzellen* eingeführt.

Wenngleich nun diese beiden Zellenarten durch ganz charakteristische Merkmale von einander unterschieden sind, so findet man doch mit einer gewissen Regelmässigkeit da und dort Uebergangsformen zwischen beiden. Nach meinem Dafürhalten sind diese letzteren als Entwicklungsformen der delomorphen Zellen anzusehen, und steht ihr Auftreten mit einer langsamen, aber continuirlich vor sich gehenden Regeneration der Drüsenwand in Zusammenhang. Auch *Stöhr* hat sich dieser Anschauung angeschlossen.

Zur isolirten Darstellung der Zellen aus den Labdrüsen empfiehlt sich das Zerzupfen der durch längere Zeit in Jodserum macerirten Schleimhaut. Die Anordnung derselben ist am besten bei Kaninchen, Hunden und Katzen zu erforschen, deren Magenschleimhaut zuerst durch mehrere Tage in *Müller'scher* Flüssigkeit oder in 0·5proz. Chromsäure und dann in Alkohol zu erhärten und an Quer- und Flächenschnitten, mit Zuhülfenahme der combinirten Carmin- und Hämatoxylinfärbung zu untersuchen ist.

An dünnen, genau senkrecht durch die Magenschleimhaut der Katze geführten Schnitten zeigt sich folgendes: Der *Vorraum* der Drüse (Fig. 118 A.) besitzt meist die Form eines schmalen Trichters, in welchen hinein sich die conischen Epithelzellen der Schleimhautoberfläche ohne nachweisbare Veränderung fortsetzen. Im Drüsenhalse (H.) werden dieselben durch kürzere, polyedrische oder cubische Zellen ersetzt, welche sich ausserdem durch gröbere Granulirung von den epithelialen und von den adelomorphen Zellen unterscheiden. An diese Zellen des Drüsenhalses schliessen sich unmittelbar die adelomorphen Zellen an, welche in ununterbrochener Folge das enge Lumen des Drüsenkörpers bis an sein blindes Ende hinab ringsum begrenzen. Die delomorphen Zellen hingegen sind keineswegs zu einer continuirlichen Lage geordnet, sondern zwischen dem äusseren Ende der adelomorphen Zellen und der Membrana propria, mehr weniger zerstreut, eingefügt. Am reichlichsten finden sie sich in der Mitte und im oberen Antheil des Drüsenkörpers, wo sie gewöhnlich ziemlich gedrängt liegen; spärlicher erscheinen sie am unteren Ende und am Anfangstheil desselben; häufig treten sie buckelartig über dem Seitencontour der Drüse vor.

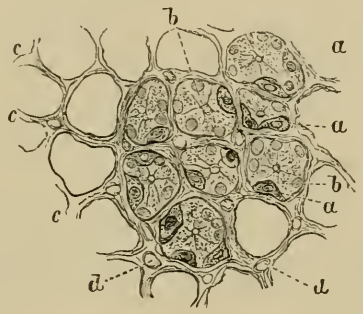
An Schnitten, welche parallel der Oberfläche durch die Schleimhaut geführt worden sind, ist es gewöhnlich noch leichter, sich von dem beschriebenen Aufbau der Labdrüsen zu überzeugen. An den einzelnen, quer durchschnittenen Drüsen ist ein centrales, kreisrundes

sich darauf, dass die ersteren Zellen ihre Gestalt ohne weiteres leicht erkennen lassen, während es bei den letzteren grössere Schwierigkeiten macht, und besondere Darstellungsmethoden erforderlich sind.

Lumen zu erkennen, welches von den adelomorphen Zellen umgeben ist; der Umriss der letzteren erscheint gewöhnlich dreiseitig, die breite Basis der Tunica propria anliegend, oder von dieser durch Zwischenlagerung einer delomorphen Zelle getrennt. Von diesen letzteren enthält jeder Drüsenquerschnitt je nach Umständen nur eine oder auch zwei bis drei. An Querdurchschnitten ist auch die Anordnung des eigentlichen Schleimhautgewebes, in dessen Lücken die Drüsen eingelagert sind, am besten zu überblicken (Fig. 119).

Die Membrana propria der Labdrüsen erscheint gewöhnlich in Gestalt einer structurlosen, zarten Membran, in welcher durch die vorspringenden, delomorphen Zellen häufig seichte Buchten oder tiefere, sackartige Ausstülpungen erzeugt werden. *Henle* hat übrigens an der Membrana propria sternförmige Zellen nachgewiesen — ein Befund, welcher, wie es scheint, nur in einzelnen Fällen vorkommen dürfte.

Fig. 119.



Flachschnitt aus der Magenschleimhaut der Katze. (Lackpräparat, Carmin. Hämatoxylinfärbung.) a delomorphe, b adelomorphe Zellen, c Schleimhautgerüst, d Querschnitte injicirter Blutgefässcapillaren. (Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 2.)

Als *Schleimdrüsen* des Magens werden schlauchförmige Drüsen bezeichnet, welche bezüglich ihrer Formation und ihrer Einpflanzung in die Schleimhaut den Labdrüsen gleichen, aber sich von diesen wesentlich durch die Beschaffenheit der Drüsenzellen unterscheiden. Dieselben sind nemlich nur von einerlei Art und gleichen in ihrer Beschaffenheit völlig den Zellen der traubigen Schleimdrüsen. Der Sitz der Magenschleimdrüsen ist die pylorische Gegend, wo sie eine Zone von individuell etwas wechselnder Breite ganz für sich in Anspruch nehmen. Auch unmittelbar an dem Uebergang des Speiserohres in den Magen findet sich eine kleine Anzahl von schlauchförmigen Schleimdrüsen, welche unter dem Namen *Cardialdrüsen* (*Kölliker*) bekannt sind.

Die *Muscularis mucosae* des Magens, an der Grenze zwischen Tunica propria und submucosa eingelagert, ist im Allgemeinen zu zwei dünnen Schichten geordnet, deren innere aus circulär verlaufenden, die

äussere aus longitudinalen Fasern besteht; häufig aber flechten sich die beiderlei Elemente mattenartig durcheinander. Von ihr zweigen sich stellenweise einzelne Faserbündel ab, welche in das Gewebe der Tunica propria eindringen und mitunter bis nahe unter die Epithelbekleidung verfolgt werden können.

Auch an der *Muscularis externa* unterscheidet man eine äussere Längs- und eine innere Ringfaserschichte. Die erstere ist entlang der kleinen Curvatur am stärksten entwickelt und erscheint als eine direkte Fortsetzung der Längsmuskulatur des Oesophagus. Die Ringfaserschichte gestaltet sich am Pylorus zu einem kräftigen Schliessmuskel. Dazu kommen noch schief verlaufende Fasern, welche in der Gegend der Cardia am auffallendsten hervortreten, jedoch keine scharf gesonderte Lage darstellen, indem sie sich aus der circulären Faserschichte abzweigen und nach kürzerem oder längerem Verlaufe wieder in dieselbe übergehen. Nicht minder erfolgt stellenweise ein Uebertritt von longitudinalen Fasern in die circuläre Schichte.

Die *Gefässe* und *Nerven* des Magens werden gemeinschaftlich mit denen des Darmes abgehandelt werden.

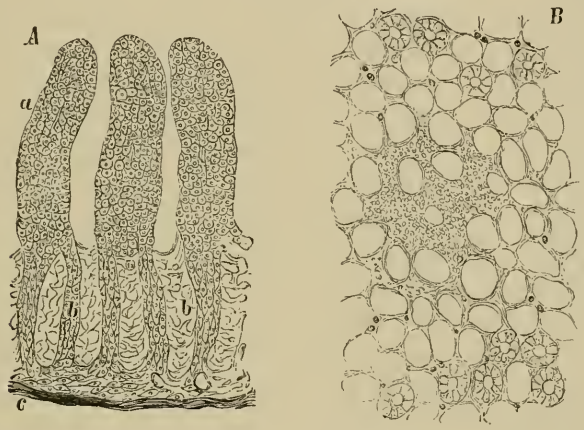
6) Der Darm.

Die Schleimhaut. Das Gewebe der *Tunica propria* zeigt in seinem Aufbau eine ziemliche Uebereinstimmung mit der des Magens; jedoch erweist sich das Verhältniss, in welchem die fibrillären Elemente dabei betheiligt sind, als ein sehr variables, nicht nur mit Bezug auf die verschiedenen Regionen des Darmes, sondern auch mit Rücksicht auf die Gattung und Species der zur Untersuchung verwendeten Thiere. So gewinnt die Schleimhaut das eine Mal völlig den Charakter des reinen adenoiden Gewebes (Darmzotten des Menschen, des Kaninchens u. s. w.), das andere Mal aber wiegt das fibrilläre Gewebe mehr vor, die lymphoiden Elemente treten an Zahl auffallend zurück (Dickdarmschleimhaut der Katze, des Hundes u. s. w.). Untersucht man eine grössere Anzahl von Schnitten, welche parallel zur Oberfläche der Schleimhaut aus beliebigen Bezirken des Darmes, am besten aber aus dem Dickdarm, angefertigt worden sind, so wird man nicht selten wahrnehmen, dass an einzelnen, beschränkten Stellen eine reichlichere Ansammlung lymphoider Zellen in der Tunica propria vorkommt (Fig. 120 B.), so dass die eingelagerten Schlauchdrüsen etwas weiter als gewöhnlich von einander abstehen. Solche Stellen haben keineswegs eine regelmässige, oder überhaupt scharfe Begrenzung und sind oftmals für das freie Auge weder an der unversehrten Schleimhaut, noch an den Schnittpräparaten

erkennbar. Erreichen sie aber einen bedeutenderen Umfang und wird zugleich durch die stärkere Anhäufung von adenoidem Gewebe eine merkliche locale Verdickung der Schleimhaut erzeugt, so hat man jene Gebilde vor sich, welche als *Follikel* des Darmes bekannt sind.

Auch die *Gestaltung* des Schleimhautgewebes erscheint in gewisser Beziehung sehr ähnlich der des Magens, aus dem Grunde, weil es hier wie dort, als der Träger zahlreicher, schlauchförmiger Drüschen fungirt. In Betreff des Dickdarmes ist die Uebereinstimmung eine vollkommene. Im ganzen Bereiche des dünnen Gedärmes aber wird die Gestaltung der Schleimhaut wesentlich complicirt durch das Auftreten zahlreicher,

Fig. 120.



A. Senkrechter Durchschnitt durch die Schleimhaut des menschlichen Dünndarmes. Durch Schütteln in einer Eprouvette sind die Drüsenzellen und das Epithel vollständig entfernt, so dass nur das Schleimhautgerüst erhalten ist. a Körper der Zotten, b Schleimhautgerüst zwischen den *Lieberkühn'schen* Drüsen, c Muscularis mucosae.

B. Flachschnitt durch die Schleimhaut des Dickdarmes der Katze. Durch Schütteln ist der grösste Theil der *Lieberkühn'schen* Drüsen entfernt. Ungefähr in der Mitte ist das Schleimhautgerüst mit zahlreichen Lymphkörperchen infiltrirt. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)

weit über das Niveau vorragender Erhabenheiten — der *Darmzotten* (*Villi intestinales*), welche sich unmittelbar aus dem honigwabenähnlichen Gerüste der Schleimhaut heraus erheben. Das Verhältniss der Darmzotten zu dem letzteren lässt sich am besten an einem Durchschnitt der Darmschleimhaut ersehen, welcher, nicht zu dünn und genau senkrecht zu der Oberfläche geführt, durch Schütteln oder Pinseln von dem Epithel und den Drüsenzellen völlig befreit worden ist (Fig. 120 A.).

Ihrer Form nach sind die Darmzotten bald mehr weniger langgestreckt, cylindrisch oder pyramidenförmig, bald mit breiterer Basis aufsitzend, von zwei Seiten her abgeflacht, kamm- oder blattartig. Ersteres ist gewöhnlich im Bereiche des Ileum, letzteres im Zwölffingerdarme vorherrschend. Nicht minder variabel sind die Dimen-

sionen der Darmzotten. Während die cylindrischen Formen bis zu 1 Mm. nach der Höhe und 150—300 μ nach der Dicke messen können, erreichen die blattartigen Zotten kaum die Hälfte dieser Höhe, dafür aber 1—1·5 Mm. an ihrer verbreiterten Basis. Auch die Zahl der Zotten, welche der Flächeneinheit der Darmschleimhaut aufsitzen, ist sehr grossen Schwankungen unterworfen. Von den zahlreichen Momenten, welche, abgesehen von der Localität, die genannten Eigenschaften der Zotten beeinflussen, mögen hervorgehoben werden: der jedesmalige Ausdehnungszustand eines Darmstückes, die angewendeten Präparationsmethoden, und mit Bezug auf die Form und Dimensionen der Zotten insbesondere der Contractionszustand der eigenen Muskelelemente. Es enthält nemlich eine jede Darmzotte in ihrem Inneren eine Anzahl zerstreut liegender, der Länge nach gerichteter, glatter Muskelfasern (*E. Brücke*), welche aus der Muscularis mucosae sich abgezweigt haben und durch die Schleimhaut hindurch bis gegen die Spitze der Zotte verfolgt werden können. (Zu ihrem Nachweise sind übrigens Querschnitte durch die Zotten besonders geeignet.) Es ist einleuchtend, dass durch die Action dieser muskulösen Elemente die Zotte als Ganzes verkürzt werden muss. Bei stärkerer Zusammenziehung entstehen ausserdem gewöhnlich mehrfache, seichtere oder tiefere Einkerbungen an dem seitlichen Umfang der verbreiterten Zotte. Auch circulär angeordnete Muskelelemente sind als ein constantes Vorkommen beschrieben worden (*Moleschott, v. Thanhoffer*).

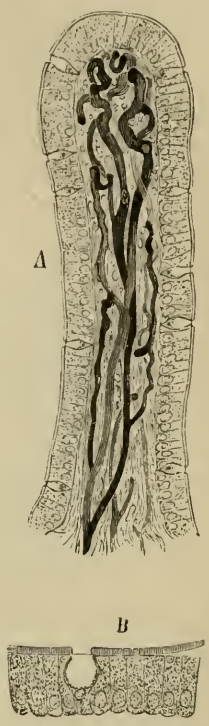
Die *Muscularis mucosae* ist im ganzen Bereiche des Darmes zu zwei wohl abgegrenzten Schichten, einer äusseren mit longitudinalen und einer inneren mit quergestellten Fasern, geordnet.

Die *Submucosa* zeigt bezüglich ihres Aufbaues die bereits in der Einleitung geschilderten Verhältnisse. Die Dicke dieses Stratums ist erheblicher bei contrahirtem Darm, geringer im ausgedehnten Zustande desselben. Insbesondere ist zu bemerken, dass in alle Faltungen der Schleimhaut ein Theil der Submucosa sammt der Muscularis mucosae mit einbezogen ist, und dass die ausgiebige Verschiebbarkeit der Schleimhaut gegen die äusseren Muskelschichten vornehmlich in dem lockeren Bau des submucösen Bindegewebes ihren Grund findet. Nur an der Basis der *Kerkring'schen* Falten zeigt dasselbe ein strafferes Gefüge, und dies ist der Grund, warum sie sich erst ausgleichen lassen, nachdem der betreffende Theil der Submucosa abpräparirt worden ist.

Das *Epithelium* der Darmschleimhaut ist durchwegs ein einschichtiges, und aus cylindrischen oder pyramidenförmigen Zellen zusammengesetzt (Fig. 121 A). Im frischen Zustande sehr blass, fast homogen und durchsichtig, erscheinen dieselben längere Zeit nach dem Tode oder nach Behandlung mit den üblichen Härtungsmitteln von

zahlreichen, feineren oder gröberen Körnchen durchsetzt. War der Inhalt des Darmrohres mit Fett aus der genossenen Nahrung vermengt, so findet man auch die Epithelialzellen stets mit einzelnen oder zahlreichen, feinsten Fetttröpfchen versehen. Als eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Zellen ist hervorzuheben, dass sie an ihrer, der freien Oberfläche zugewendeten Seite einen Aufsatz tragen, welcher durch besondere Structurverhältnisse ausgezeichnet ist. Derselbe erscheint bei der Längenansicht der Zellen wie ein breiterer oder schmälerer, glänzender Saum; daher der dafür gebräuchliche Terminus: *Basalsaum*. Bei der Untersuchung mit starken Vergrösserungen zeigt er eine sehr feine, geradlinige Streifung, welche der Längsrichtung der Cylinderzellen gleich gerichtet ist (Fig. 121 B). Nach Zusatz von Wasser hebt sich dieser Besatz gewöhnlich von der Zelle etwas ab und zerfällt endlich in einzelne, stäbchenförmige Gebilde, welche Flimmercilien nicht unähnlich sehen. Auch an Zupfpräparaten, welche nach Härtung des Darmes in Alkohol hergestellt werden, erscheint der Basalsaum häufig von den Zellen abgehoben, und zwar nicht selten als ein continuirliches Häutchen über eine ganze Reihe von Zellen hinweg.

Fig. 121.



A. Längsdurchschnitt einer Darmzotte aus dem Ileum einer Katze. Die Blutgefässe sind mit Carminleim injicirt, in dem Epithel zahlreiche Becherzellen eingestreut. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)
B. Aus einem Zupfpräparat des Zottenepithels (Katze). Der Basalsaum ist nach rechts hin von den Zellen abgehoben, und an der Stelle, wo eine Becherzelle sitzt, unterbrochen. (Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 3.)

Die Bedeutung dieses Gebildes ist noch immer nicht recht klar geworden, trotzdem sich die bedeutendsten Histologen mit der Feststellung derselben beschäftigt haben. *Kölliker*, welcher nebst *Funke* die streifige Beschaffenheit des Basalsaumes zuerst erkannt hatte, betrachtete ihn als ein den Cylinderzellen aufgelagertes, cuticulares Häutchen, welches durch eine Ausscheidung der Zellsubstanz erzeugt, aber von dieser durch die eigentliche Zellmembran getrennt sei. Die Streifung nahm *Kölliker* für den Ausdruck feiner Porenkanälchen, welche die Cuticula durchsetzen. *Brettauer* und *Steinach* nehmen, conform der Anschauung *Brücke's* an, dass der Basalsaum aus feinen, von einander getrennten Stäbchen bestehe, welche der Gestalt nach steifen Flimmercilien ähnlich sind und ohne Zwischenlagerung einer Zellmembran in die Substanz der Zelle übergehen (*Stäbchenorgan*). Diesen beiden, derzeit am meisten verbreiteten Ansichten gegenüber hat *Eimer* einen noch complicirteren, geschichteten Aufbau des Basalsaumes beschrieben, während *Dönitz* das Ganze nur als ein Kunstprodukt, von geronnenem Schleim herrührend, zu betrachten gewillt ist. Wie dem auch sei, von den allermeisten Autoren ist der Basalsaum als ein für die Resorption des Fettes aus dem Darmrohre bedeutungsvolles Gebilde erklärt worden.

Das untere, der Tunica propria aufsitzende Ende der Epithelzellen ist häufig kaum merklich verschmälert, erscheint aber in anderen Fällen, besonders nach Behandlung mit Chromsäure oder Osmiumsäure leicht zugespitzt oder in einen langen, dünnen Fortsatz ausgezogen — ein Verhalten, welches an isolirten Zellen sehr auffällig hervortritt. Zwischen den verschmächtigten Endtheilen der Cylinderzellen sind stellenweise rundliche oder conische Ersatzzellen eingeschoben.

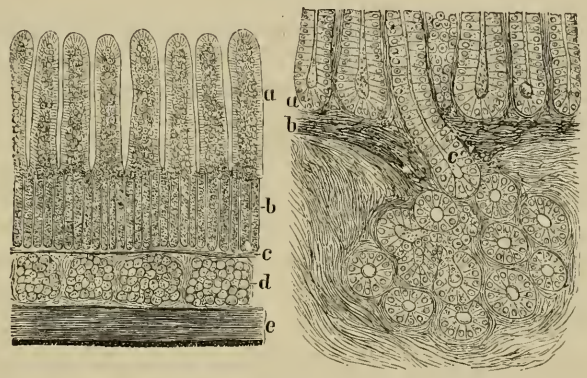
In ausserordentlich wechselnder Zahl findet man ferner in dem Epithelium der Darmschleimhaut die sogen. *Becherzellen* eingestreut (Fig. 121). Es zeigen dieselben, wie schon früher (Seite 17) erwähnt worden ist, annähernd die Gestalt eines Kelchglases mit einer oben offenen, etwas verengten Mündung. Der untere, zugespitzte Theil der Becherzellen, welcher den Kern enthält, ist feinkörnig getrübt, während der obere, bauchige Antheil völlig homogen, hell und durchsichtig erscheint. Der Basalsaum ist an der Stelle, wo eine Becherzelle liegt, stets unterbrochen. Die Umstände, welche auf die Anzahl der in dem Darmepithel vorhandenen Becherzellen Einfluss nehmen, sind noch nicht genügend bekannt. Sicher ist es, dass gewisse Thiere (Nagethiere) sie durchschnittlich reichlicher besitzen als andere, ferner, dass sie einige Zeit nach dem Tode, oder an Präparaten, welche kurze Zeit in *Müller'scher* Flüssigkeit gelegen sind, stets in grösserer Zahl erscheinen, als bei der Untersuchung in frischem Zustande, endlich, dass sie bei katarrhalischen Zuständen des Darmes in ganz ausnehmender Menge vorkommen (*Stricker*). Ihrer Bedeutung nach sind sie höchst wahrscheinlich modificirte Formen der gewöhnlichen Epithelzellen, welche durch Ansammlung von schleimiger Substanz hervorgerufen worden sind. Das zahlreichere Hervortreten derselben nach Behandlung mit *Müller'scher* Flüssigkeit dürfte durch eine nachträgliche Aufquellung des mucinhaltigen Zellinhaltes zu erklären sein.

Bezüglich der Abgrenzung des Epitheliums von der Tunica propria, und insbesondere bezüglich der Existenz einer besonderen Grundmembran sind von den Autoren die verschiedensten Ansichten geäussert worden. Während *Dönitz* mittheilt, dass er im Stande war, eine solche als völlig structurlose Haut im Zusammenhang mit der Membrana propria der *Lieberkühn'schen* Drüsen zu isoliren, hält *Kölliker* dafür, dass nur eine verdichtete Grenzschichte an der Oberfläche des Schleimhautgewebes vorhanden sei, welche keineswegs irgend welche Selbständigkeit besitze. So konnte auch *Eberth* eine solche Grenzschichte meist nur im Zusammenhang mit den unterliegenden Capillargefässen darstellen und fand sie von kleinen Oeffnungen durchbrochen. Dem gegenüber beschreibt *Watney* eine aus platten, kernhaltigen Zellen zusammengesetzte Membran unterhalb des Epithelialstratums, und auch

Krause führt an, dass man durch Imprägnation des Gewebes mit Silbersalpeter eine endothelähnliche Zeichnung an der Grenze zwischen Epithel und Körper der Zotten hervorrufen könne. Neuerdings ist auch *Drasch* für die Existenz einer besonderen membranösen Deckschichte eingetreten. Er beschreibt sie als ein mit reichlichen, ovalen Kernen besetztes Häutchen, welches von zahlreichen Lücken durchbrochen ist und in seiner Substanz die Capillargefässe der Zotten einschliesst. Einen Endothelbelag konnte *Drasch* nicht nachweisen.

Die *Drüsen* der Darmschleimhaut sind von zweierlei Art: Kurze, einfache *Schlauchdrüschen,* welche in der Tunica propria eingelagert, im ganzen Bereich des Dünn- und Dickdarmes verbreitet sind, und

Fig. 122.



A. Senkrechter Durchschnitt durch die Wand des Zwölffingerdarmes der Katze.
a. Zotten, b. *Lieberkühn'sche* Drüsen, c. Muscularis mucosae, d. Submucosa mit den *Brunner'schen* Drüsen, e. Muscularis externa. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2.)
B. Ein ähnlicher Durchschnitt bei stärkerer Vergrösserung.
a. Unterer Theil der *Lieberkühn'schen* Drüsen, b. Muscularis mucosae. In der Submucosa sind die Acini einer *Brunner'schen* Drüse sichtbar, deren Ausführungsgang (c) die Muscularis mucosae durchbricht. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

kleine, *acinöse* Drüschen, welche in der Submucosa ihren Sitz haben und nur auf die obere Hälfte des Zwölffingerdarmes beschränkt sind (Fig. 122).

Die ersteren, unter dem Namen der *Lieberkühn'schen Drüsen* (*Krypten*) bekannt, besitzen eine Auskleidung von cylindrischen Zellen, welche sich an der freien Mündung einer jeden Drüse an die Epithelzellen der Darmoberfläche anschliessen und auch in ihrem äusseren Aussehen diesen ziemlich ähnlich sind. Doch findet man niemals an ihnen eine ausgesprochene Pyramidenform, ihr centrales Ende ist vielmehr stets stumpf abgerundet, mitunter sogar etwas verbreitert. Nach der Angabe einiger Autoren soll sich der Basalsaum des Darmepithels auch über die Zellen der *Lieberkühn'schen* Drüsen hin fortsetzen. Ich habe mich davon nie überzeugen können. — Die Membrana propria

dieser Drüschen lässt sich durch Zerzupfen einer frischen Darmschleimhaut sehr leicht isolirt erhalten, und erscheint dann völlig homogen und structurlos.

Mit vollem Recht hat vor Kurzem *Klose* auf gewisse typische Unterschiede an den Zellen der *Lieberkühn'schen* Drüsen des Dünn- und des Dickdarmes aufmerksam gemacht. In den ersteren sind sie ähnlich den Zellen seröser Drüsen, in den letzteren ähnlich denen der Schleimdrüsen. Er macht daher den Vorschlag, die *Lieberkühn'schen* Drüsen des Dünndarmes als *Darmsaftdrüsen*, die des Dickdarmes als *Darmschleimdrüsen* zu bezeichnen.

Ueber die Anordnung der *Lieberkühn'schen* Drüsen kann man sich am besten orientiren, wenn man an verschiedenen, frischen Darmstücken die äussere Muskelhaut und, so gut es geht, auch die Submucosa vorsichtig ablöst, die so isolirte Schleimhaut über einem durchlöcherten Brettchen ausspannt und mit Nadeln befestigt. Durch Bepinseln der freien Schleimhautoberfläche mit Galläpfeltinte und nachheriges Abspülen mit Wasser kann man das Bild noch viel prägnanter machen. Bei Untersuchung mit ganz schwachen Vergrösserungen überzeugt man sich, dass die gegenseitigen Abstände der *Lieberkühn'schen* Drüsen, je nach dem Grade der geübten Ausdehnung, grösser oder kleiner sein können, dass sie aber, soweit nicht die Zotten oder eingelagerte lymphoide Follikel Unterbrechungen verursachen, allenthalben ziemlich gleichmässig vertheilt sind. Im Bereiche des Dickdarmes, wo die Zotten fehlen, reihen sie sich daher viel dichter an einander, auch sind sie hier nicht unerheblich breiter und länger, als wie im Dünndarme. In dem letzteren sitzen sie an den Stellen, welche von Zotten frei bleiben, und erscheinen oft kranzartig um die Basis derselben geordnet.

Die *acinösen* Drüsen des Zwölffingerdarmes führen nach ihrem Entdecker den Namen der *Brunner'schen Drüsen.* Sie liegen im submucösen Bindegewebe und gleichen in ihrem feineren Bau völlig den kleinen Schleimdrüschen der Zunge und des Pharynx. Einem dendritisch verzweigten Gange sitzen an den Endzweigen kugelige oder ellipsoidische Acini auf, mit cylindrischen Drüsenzellen ausgekleidet und von einer structurlosen Membrana propria umschlossen. In der Mitte eines jeden Acinus ist das Lumen sehr deutlich zu erkennen. Bei manchen Thieren (z. B. Nagethieren) sind die Acini zum Theile sehr langgestreckt, schlauchähnlich, wesshalb manche Autoren es vorziehen, die *Brunner'schen* Drüsen in die Reihe der schlauchförmigen Drüsen zu stellen, oder sie als Zwischenformen zwischen diesen und den acinösen zu betrachten. Der Ausführungsgang, seiner ganzen Länge nach mit Cylinderzellen besetzt, durchbricht die Muscularis mucosae und zieht parallel den *Lieberkühn'schen* Drüsen nach der Oberfläche der Schleimhaut. Es gelingt übrigens nicht leicht, ihn an Durchschnittspräparaten in seinem ganzen Verlauf zu sehen. — Die *Brunner'schen* Drüsen nehmen beim Menschen das obere Querstück und den absteigenden Theil des Zwölffingerdarmes ein und bilden nahe dem

Pylorus ein dicht zusammenhängendes Lager. Im absteigenden Theil werden sie allmälig spärlicher und finden sich unterhalb der Einmündungsstelle des Gallenganges nur mehr ganz vereinzelt.

Abgesehen von den angeführten Drüsen ist noch von anderartigen Einlagerungen der Darmschleimhaut zu sprechen, welche durch *adenoides Gewebe* erzeugt werden und im ganzen Bereiche des Dünn- und Dickdarmes verbreitet sind. Sie werden als *solitäre Follikel* beschrieben, wenn das adenoide Gewebe zu vereinzelten, mehr weniger scharf umgrenzten, kugeligen oder birnförmigen Massen geformt ist, als *Peyer'sche Plaques,* wenn eine grössere Zahl solcher Follikel zu einer geschlossenen Gruppe vereinigt ist.

Die *solitären Follikel* haben zunächst ihren Sitz in der Tunica propria, und sind als locale Modificationen des Gewebes derselben aufzufassen. Gewöhnlich aber ragen sie aus dem Bereiche derselben in die Submucosa herein, wobei dann die Muscularis mucosae eine Unterbrechung erleidet; recht häufig ist sogar ihr grösserer Antheil in der Submucosa gelegen. Sie unterscheiden sich ihrem feineren Bau nach von dem übrigen Schleimhautgewebe durch den völligen Mangel aller fibrillären Elemente, durch ein sehr zartes, engmaschiges, zelliges Reticulum und durch die grosse Zahl der lymphoiden Zellen. Von ganz kleinen, nur mit Hülfe des Mikroskopes erkennbaren Herden (vergl. S. 434) kann sich diese adenoide Umwandlung des Schleimhautgewebes bis auf eine Strecke von 1—2 Mm. im Durchmesser verbreiten und führt dann gewöhnlich zu einer umschriebenen Verdickung der Schleimhaut, welche sich als ein mohnkorn- bis hirsekorngrosses, erhabenes Knötchen dem freien Auge präsentirt. Solche stellen die typischen solitären Follikel der Autoren dar.

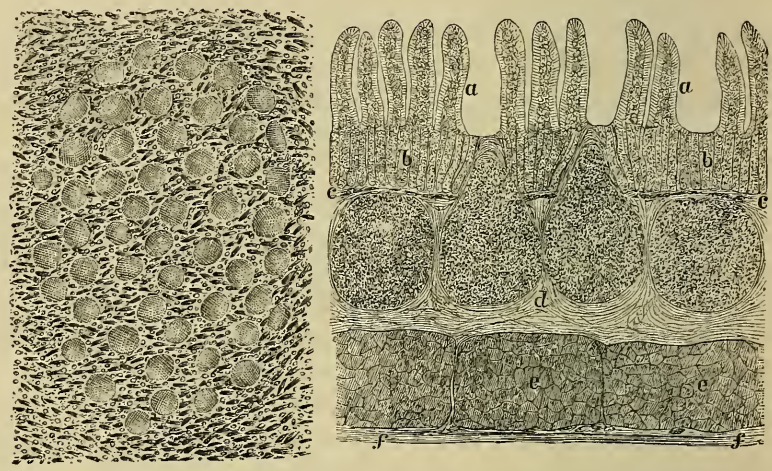
Die mikroskopische Untersuchung ergibt, dass im Bereiche eines solchen Follikels entweder gar keine, oder, wie es beim Menschen häufig vorkommt, ganz vereinzelte *Lieberkühn'sche* Drüsen eingelagert sind, welche sich ausserdem in mannigfacher Weise verbogen und verzerrt zeigen. Nicht minder fehlen im Bereiche des Follikels die Darmzotten.

Nicht immer aber gibt sich eine derart umgewandelte Schleimhautparthie dem freien Auge als ein vorragendes Knötchen zu erkennen; sie kann völlig flach, nicht selten sogar als eine grübchenförmige Vertiefung erscheinen und zwar aus verschiedenen Ursachen. In manchen Fällen ist die adenoide Umwandlung des Schleimhautgewebes überhaupt mehr der Fläche nach ausgebreitet, ohne zu einer erheblichen Verdickung der Schleimhaut zu führen. In anderen Fällen — besonders häufig ist dies an den *Peyer'schen* Plaques und bei contrahirten Darmstücken zu beobachten — sind zwar erhabene Follikel vorhanden; da sie aber selbst keine Zotten tragen, während in ihrem Umkreise solche in grösserer Zahl befindlich sind, so kommen die Kuppen der Follikel entweder mit den Spitzen der Zotten in ein Niveau zu liegen, oder werden sogar von diesen überragt; in dem letzten Falle

erscheint dann entsprechend dem Follikel ein seichtes Grübchen. Aehnliches kommt recht häufig im Dickdarm des Menschen und namentlich in dem unteren Abschnitte desselben vor, jedoch aus einer anderen Ursache. Wie schon erwähnt, besitzen die *Lieberkühn'schen* Drüsen des Dickdarmes eine beträchtliche Höhe und stehen dicht an einander gereiht; nur die lymphoid infiltrirten Stellen der Schleimhaut bleiben von ihnen ganz oder zum grössten Theile frei. Ist nun das adenoide Gewebe mehr der Fläche nach ausgebreitet, oder wie es bei stark abgemagerten Personen gewöhnlich vorkommt, mehr oder weniger geschwunden, so entspricht einer jeden solchen drüsenfreien Stelle eine seichte Einsenkung der Schleimhautoberfläche.

Aus den angeführten Momenten ist es leicht erklärbar, wesshalb das Vorkommen und das Aussehen der solitären Follikel so zahlreichen individuellen

Fig. 123.



A. *Peyer'scher* Plaque aus dem Ileum des Menschen, bei stark ausgedehnter Schleimhaut von der Fläche her gesehen. (7fache Vergrösserung).

B. Senkrechter Durchschnitt eines *Peyer'schen* Plaques aus dem Dünndarm der Katze.

a. Darmzotten, b. *Lieberkühn'sche* Drüsen, c. Muscularis mucosae, theilweise durch die Follikel durchbrochen, d. Submucosa, e. senkrechter Durchschnitt der circulären Muskelfaserschichte, f. Längsmuskelschichte. (Hartnack, System II, Ocul. 2.)

Varietäten unterworfen ist. Dazu kommt noch der schon berührte Umstand, dass sie an marastischen Leichen stets nur wenig entwickelt sind, während sie bei plötzlich verstorbenen Individuen in der Regel sehr deutlich ausgeprägt und in grosser Zahl schon für das freie Auge sichtbar sind. Recht häufig sind sie auch der Sitz von Erkrankungen, woraus sich dann weitere Veränderungen an ihnen ergeben, welche uns indessen hier nicht weiter beschäftigen können.

Die *Peyer'schen Plaques* sind durch gruppenweise Aneinanderlagerung einer wechselnden Anzahl von solitären Follikeln erzeugt (Fig. 123). Nach dem, was bezüglich der letzteren eben vorgebracht worden ist, sind auch die zahlreichen individuellen Verschiedenheiten der Plaques zu beurtheilen. Es ist nur noch hinzuzufügen, dass in vielen Fällen alle Follikel einer Gruppe scharf von einander gesondert

sind und, je nach dem Ausdehnungszustande der Schleimhaut, grössere oder kleinere Zwischenräume zwischen sich lassen, in welchen dann Zotten und *Lieberkühn'sche* Drüsen eingepflanzt sind. In anderen Fällen, und zwar nicht selten, confluiren einzelne oder die Mehrzahl der Follikel mit ihren seitlichen Flächen, ja beim Menschen findet man mitunter einen ganzen Plaque aus einer diffusen Masse von adenoidem Gewebe gebildet, aus welcher sich einzelne Follikel mehr oder weniger deutlich hervorheben.

Ausser in den *Peyer'schen* Plaques kommt eine sehr dichte Häufung von lymphoiden Follikeln noch in der Schleimhaut des Processus vermiformis vor.

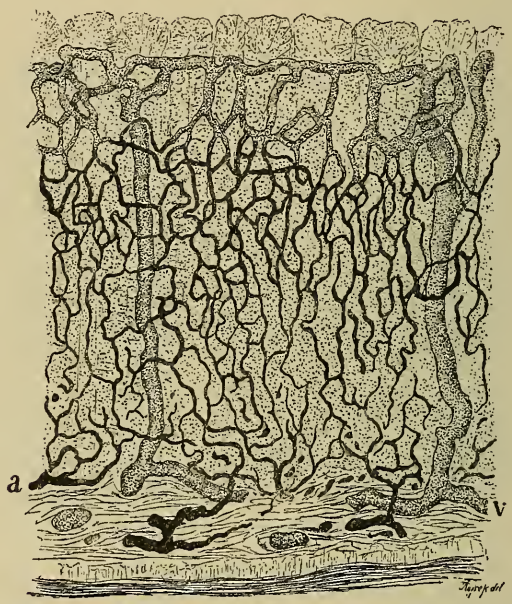
Die *äussere Muskelhaut* des Darmes zerfällt allerwärts in zwei wohl gesonderte Schichten, von welchen die äussere aus längslaufenden, die innere aus circulären Fasern zusammengesetzt ist. Die Dicke beider Schichten wechselt je nach dem Contractionszustande, stets ist jedoch die circuläre Schichte um ein Beträchtliches stärker als die longitudinale. Fleischfresser besitzen eine viel ausgebildetere Darmmuskulatur als Pflanzenfresser. Im Bereiche des dünnen Gedärmes ist die Muskulatur in der ganzen Circumferenz des Rohres gleichmässig vertheilt, während im Dickdarme die Längsfaserschichte entsprechend den *Taeniae coli* eine ganz erhebliche Stärke besitzt, zwischen diesen aber nur in einer äusserst dünnen Lage auftritt. Beim Uebergang des Ileum in das Coecum geht die circuläre Muskelschichte völlig in die *Bauhin'sche* Klappe über, indess die Längsfaserschichte oberflächlich von dem dünnen auf das dicke Gedärm fortzieht. Im Bereiche des Mastdarmes ist die Vertheilung der Muskulatur wieder eine ziemlich gleichmässige. Der Sphincter ani internus wird durch eine locale Verdickung der glatten Ringfaserlage gebildet. Der Sphincter externus hingegen besteht aus Bündeln quergestreifter Fasern, welche streckenweise parallel neben einander laufen, zum Theil aber sich mehrfach durchflechten. Die Longitudinalfaserschichte des Mastdarmes endigt nach abwärts in der Weise, dass die einzelnen Bündel derselben in dünne, elastische Sehnen übergehen, welche theils den Sphincter ani externus durchsetzen, theils schon früher sich in dem umliegenden Gewebe verlieren. Eine scharfe Abgrenzung der glatten von der quergestreiften Muskulatur kommt übrigens in der Aftergegend ebenso wenig als wie im Oesophagus vor.

Die Blutgefässe des Magens und Darmes. Entsprechend der vielfachen Uebereinstimmung in dem Aufbau der Wandungen des Magens und des Darmes, erfolgt auch die feinere Vertheilung der Blutgefässe nach einem gemeinschaftlichen Schema. Völlig übereinstimmend

verhalten sich in dieser Hinsicht der Magen und der Dickdarm*), während im Dünndarm durch die Anwesenheit der Darmzotten die Anordnung der Blutgefässe einigermassen modificirt wird. Als Ausgangspunkt der Beschreibung mag der Magen gewählt werden.

Die *arteriellen* Aestchen schicken noch vor dem Eintritt in das Organ feine Zweige an den Peritonealüberzug ab und durchbrechen dann die Längsmuskelschichte. Zwischen dieser und der Querfaserschichte erfolgt eine weitere Abgabe von Zweigen, welche sich in der

Fig. 124.



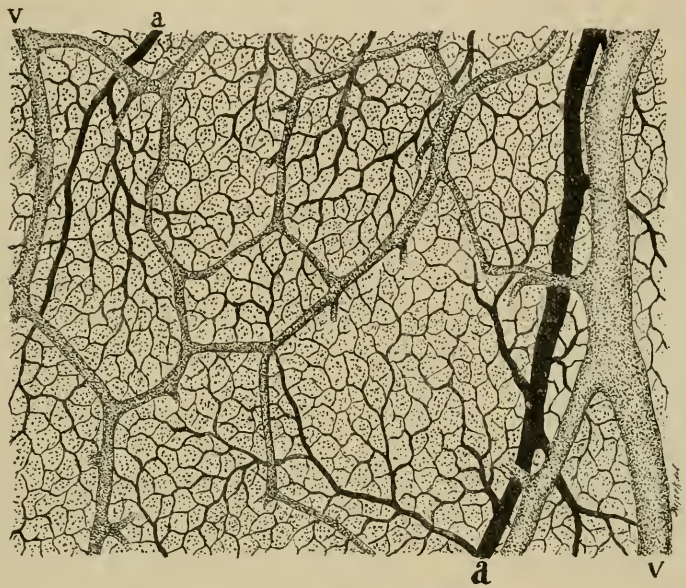
Senkrechter Durchschnitt der Schleimhaut des Magens einer Katze mit injicirten Blutgefässen. Arterien (a) und arterielle Capillaren schwarz, Venen (V) und venöse Capillaren punktirt. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 3.)

ganzen Muscularis externa verbreiten und zwischen den Bündeln derselben ein langmaschiges Capillarnetz bilden. Die grösseren arteriellen Zweige dringen nun auch durch die quere Muskelschichte und breiten sich in der Submucosa unter wiederholter, dichotomischer Ramifikation und unter mehrfacher Anastomosenbildung der Fläche nach aus. Die so schon äusserst fein gewordenen, arteriellen Zweigchen treten von hier allenthalben durch die Muscularis mucosae hindurch und breiten

*) Ein erheblicher Unterschied besteht nur in der Vertheilung der gröberen Gefässe, insoferne, als im Bereiche des Dickdarmes die Zugangspforte derselben auf eine fortlaufende Linie beschränkt ist, während an den Magen von mehreren Seiten Gefässe herantreten.

sich in der Schleimhautregion, welche zwischen der letzteren und dem blinden Ende der tubulösen Drüsen gelegen ist, abermals der Fläche nach aus. Während dessen schicken sie sich gegenseitig Anastomosen zu, zerfallen aber sehr bald in ihre Endzweigchen. Aus diesen entwickelt sich ein reiches Capillarsystem, dessen ziemlich enge Röhrchen in den Septen zwischen den Schlauchdrüsen gelegen sind und unter netzartigen Verbindungen, in steilen Spiraltouren die letzteren umziehen. In den obersten Schleimhautschichten erweitern sich die Capillarröhrchen

Fig. 125.



Flächenansicht der Blutgefässvertheilung aus der injicirten Magenschleimhaut der Katze in der Schichte zwischen Muscularis mucosae und dem Grunde der Drüsen; Zerfall der arteriellen Endästchen in die Capillaren und venöses Sammelnetz mit den in Verkürzung gesehenen venösen Wurzelstämmchen der Drüsenschichte. Arterien (a) und arterielle Capillaren schwarz, Venen (V) punktirt. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2.)

bis auf das Doppelte ihres früheren Durchmessers und ordnen sich unmittelbar unter dem Epithel kranzartig um die Mündungen der Schlauchdrüsen. Aus diesen oberflächlichen (venösen) Capillaren gehen die Wurzeln der Venen hervor, welche als verhältnissmässig weite Röhrchen, in regelmässigen Abständen von einander, senkrecht durch die Tunica propria in die Tiefe ziehen, um sich noch in dem Bereiche derselben in ein Sammelnetz (Fig. 125) einzusenken. Dieses ist zwischen dem Grunde der Schlauchdrüsen und der Muscularis mucosae mit weiten, polygonalen Maschen ausgebreitet und nimmt sämmtliche Wurzelstämmchen der Schleimhautvenen in sich auf. Die aus dem Sammelnetze abführenden Venen legen sich dann in der Submucosa an die Arterienzweigchen an und verlaufen weiter stets diesen entlang.

Die Anordnung der Blutgefässe im Bereiche der Schleimhaut des *Dünndarmes* unterscheidet sich zunächst dadurch, dass die arteriellen Endästchen am Grunde der schlauchförmigen Drüsen nur zum Theile sich in Capillaren auflösen, während eine grosse Zahl anderer durch die Schleimhautsepten bis zu den Zotten hinaufzieht. Eine jede Zotte erhält ein oder zwei solcher Zweigchen, welche schon an ihrer Basis, oder etwas höher oben in das Capillarsystem übergehen. Dieses steht in allseitigem, unmittelbarem Zusammenhang mit den zwischen den *Lieberkühn'schen* Drüsen hinziehenden Capillargefässchen und breitet sich in dem peripheren Theile des Zottenkörpers, unmittelbar unter dem Epithel, mit polygonalen Maschen aus. Die Venen der Dünndarmschleimhaut wurzeln ausnahmslos in den Spitzen der Zotten, wo sie sich aus den etwas erweiterten Capillaren sammeln und als einfache Stämmchen durch den Zottenkörper nach abwärts verlaufen, um in das venöse Sammelnetz am Grunde der *Lieberkühn'schen* Drüsen sich zu ergiessen.

Andere Modificationen des Blutgefässverlaufes sind entsprechenden Ortes durch die Einlagerung der lymphoiden Follikel und der *Brunner'schen* Drüsen bedingt. Die letzteren werden stets schon von der submucösen Gefässramifikation mit Zweigen bedacht, die ersteren beziehen sie, je nach ihrer Lage, zum Theil aus dieser, zum Theil aber aus den Endgefässen der Tunica propria.

Ueber die Gefässanordnung im Inneren dieser Gebilde vergleiche S. 367 und 401.

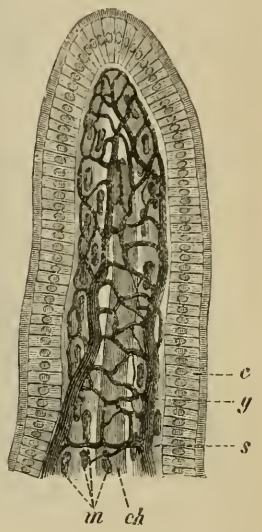
Die Lymphgefässe des Magens und Darmes bilden für die äussere Muskelhaut und für die Schleimhaut gesonderte Capillargebiete. Mit Bezug auf die erstere ist seit *Auerbach* bekannt, dass sowohl in der Längs- als auch in der Ringfaserschichte zwischen den einzelnen Muskelbündeln ziemlich reichliche Lymphcapillaren eingelagert sind, welche ein nach der Verlaufsrichtung der Muskelfasern langgestrecktes Netzwerk formen (vgl. Fig. 95 auf S. 354). Ihren Abfluss finden diese Gefässe durch Vermittlung eines *interlaminären* Lymphgefässnetzes (*Auerbach*), welches zwischen den beiden Muskellagen seinen Sitz hat.

Im Bereiche der Schleimhaut kommen durchwegs zwei, der Fläche nach ausgebreitete Lymphgefässnetze vor, deren eines in der Submucosa, das andere über der Muscularis mucosae, am Grunde der schlauchförmigen Drüsen sich findet. Das letztere ist viel reichhaltiger, dichter und aus mässig weiten Capillaren zusammengesetzt; es steht durch zahlreiche, die Muscularis mucosae schräg durchsetzende Röhrchen mit dem gröberen, weitmaschigen, submucösen Netze allenthalben in Zusammenhang. Aus dem submucösen Netzwerke sammeln sich bereits klappenführende Lymphgefässstämmchen, welche die äussere Muskelschichte durchbrechen und während dem die abführenden Gefässchen

des interlaminären Netzes in sich aufnehmen. Die Durchtrittsstellen der Lymphgefässstämmchen durch die Muskelhaut entsprechen zum grösseren Theile genau der Anheftung des Gekröses, in welches sie dann sofort übertreten. Eine Anzahl anderer Gefässstämmchen, welche etwas abseits davon die äussere Muskelhaut durchdringen, verläuft noch eine Strecke weit unter dem Bauchfellüberzug, bis sie den Gekrösansatz erreichen (*subseröse Lymphgefässe*).

Während die eben geschilderte Anordnung im Magen und Darm allerwärts völlig übereinstimmend sich findet, kommen nun die Eigenthümlichkeiten zu besprechen, welche den einzelnen Abschnitten in Betreff der ersten Anfänge der Lymphgefässe in der Schleimhaut zukommen. In der Schleimhaut *des Magens* sind sie in Gestalt unregelmässiger, häufig ausgebuchteter Röhrchen zu treffen, welche in den Septen zwischen den Labdrüsen gelegen und im Allgemeinen den letzteren parallel geordnet sind. Je zwei derselben sind stets durch eine ganze Gruppe von Labdrüsen von einander getrennt. Sie beginnen leicht zugespitzt, oder auch stumpf abgerundet, knapp unter dem Epithel und scheinen in ihrem Laufe durch die Drüsenschichte nur selten zu anastomosiren. Am Grunde derselben senken sie sich in das dort befindliche Capillarnetz ein. Aehnliche Verhältnisse finden sich im *Dickdarm*, jedoch kommen dort gewöhnlich zahlreichere Anastomosen und förmliche Netzbildungen der Lymphröhrchen um die *Lieberkühn'schen* Drüsen herum vor. — Im *Dünndarm* sind die Anfänge der Lymphgefässe (*Chylusgefässe*) in den Zotten zu suchen. In den cylindrischen Zotten des Menschen findet sich ein ziemlich weites, im gefüllten Zustande etwa den vierten Theil der ganzen Breite der Zotte einnehmendes Lymphgefäss, welches blindsackförmig nahe der Spitze der Zotte beginnt und in der Axe derselben nach abwärts verläuft (*centraler Zottenraum*). An der Basis der Zotte bemerkt man an ihm unter Umständen eine bauchige Erweiterung, welche unter dem Namen der *Lieberkühn'schen Ampulle* bekannt ist. In den breiteren Zotten kommen nicht selten zwei, oder auch drei solcher Gefässe vor, welche durch Queranastomosen zusammenhängen. Ein der letzteren Anordnung ähnliches Verhältniss des Zottenraumes beschreibt auch *v. Winiwarter* für das Kaninchen. In den mehr falten-

Fig. 126.



Schema einer Darmzotte nach *Leydig*. ch. centraler Zottenraum, m. Kerne der glatten Muskelfasern, s. Schleimhautgerüst, g. Blutgefässe, c. Cylinderepithel mit dem Basalsaum.

artigen Zotten der Batrachier sind durch *C. Langer* ganze Netze von Lymphgefässen nachgewiesen worden. Es ist besonders hervorzuheben, dass in allen diesen Fällen durch Injection von Silbersalpeter eine vollständige, endotheliale Wandung als Grenze des Lymphgefässes gegen das Gewebe der Zotte dargestellt werden kann (*v. Recklinghausen*, *Auerbach*). Von der Basis der Zotten ziehen diese Gefässe durch die Schichte der *Lieberkühn'schen* Drüsen hindurch und ergiessen sich in das über der Muscularis mucosae gelegene Lymphgefässnetz.

Fig. 127.

Darmzotte einer Kröte mit injicirten Blutgefässen (schwarz) und Lymphgefässen (punktirt). (Hartnack, System II, Object 2.)

Das besondere Verhalten der Lymphgefässe zu den lymphoiden Follikeln ist bereits auf S. 357 und 368 dargelegt worden.

Die Nerven des Magens und des Darmes. Die ziemlich reichlichen, aus marklosen und markhaltigen Fasern zusammengesetzten Nervenstämmchen, welche in die Wandungen des Magens und Darmes eindringen, stellen schon unter dem Peritonealüberzuge durch reichliche Anastomosenbildung ein ansehnliches Netzwerk her. Aus diesem zweigen sich allerorts Nervenfaserbündel ab, welche die longitudinale Muskelfaserschichte durchbrechen und zwischen dieser und der Circulärschichte einen eigenthümlichen, mit zahlreichen mikroskopischen Ganglien versehenen Plexus bilden (*Plexus myentericus*, *Auerbach'scher Plexus*).

Derselbe ist dadurch ausgezeichnet, dass sowohl die Nervenfaserbündel als auch die Ganglien, welche sich an seiner Bildung betheiligen, ganz platte Bänder und Streifen darstellen, wie es dem schmalen Zwischenraum zwischen den beiden Muskellagen entspricht. Die Maschen des Plexus sind ziemlich eng, rundlich oder rechteckig. In seinen verbreiterten Knotenpunkten lagern allenthalben grössere oder kleinere Ganglienzellengruppen, welche sich häufig auch an der Seite der Nervenfaserbündel eine Strecke weit fortziehen.

Die Ganglienzellen selbst sind ebenfalls plattgedrückt, mit mehreren feinen Fortsätzen versehen, mittelst welcher sie marklosen Nervenfasern den Ursprung geben, so dass in dem Plexus eine ganz massenhafte Faservermehrung erfolgt. Aus ihm gehen nach beiden Muskelschichten hin zahlreiche, feine Nervenstämmchen ab. Bezüglich des weiteren Verhaltens der letzteren kann auf die allgemeine Besprechung der Nervenendigung in den glatten Muskeln (S. 315) verwiesen werden.

Ein Theil der nach einwärts ziehenden Nervenstämmchen durchbricht die circuläre Muskelschichte, um in die Submucosa zu gelangen, woselbst es wieder zur Bildung eines reichhaltigen Nervenplexus kommt, welcher als *Meissner'scher Plexus* bekannt ist; auch in ihm sind zahlreiche mikroskopische Ganglien eingelagert. Der *Meissner'sche* Plexus entsendet seine Fasern zum Theil wieder in die circuläre Schichte der Muscularis externa, zum Theil zur Muscularis mucosae und endlich zur Schleimhaut selbst. In dieser konnte *Drasch* der ganzen Dicke nach ein reichliches Flechtwerk von Nervenfasern nachweisen, welches sich in dem Schleimhautgerüste ausbreitet, die *Lieberkühn'schen* Drüsen korbartig umspinnt und sich weiterhin in die Zotten erstreckt. Auch in diesen letzteren hat *Drasch* einen grossen Reichthum an netzartig geordneten, gröberen und feineren Nervenfädchen festzustellen vermocht, von denen ein Theil sich in der oberflächlichen Grenzmembran ausbreitet, ein anderer die Tiefe des Zottengewebes einnimmt und die Muskelfasern der Zotte mit Endzweigchen betheilt. Allenthalben gesellen sich auch in der Schleimhaut den Nervennetzen kleinere und grössere Gruppen von Ganglienzellen bei.

7) Die Speicheldrüsen.

Die hierher gehörigen Organe — die *Unterkieferdrüse* (*Gland. submaxillaris*), die *Unterzungendrüse* (*Gland. sublingualis*), die *Ohrspeicheldrüse* (*Gland. Parotis*) und die *Bauchspeicheldrüse* (*Pankreas*) — sind sämmtlich nach dem acinösen Typus gebaut, stimmen also nach der allgemeinen Anlage ihrer Formationen unter einander überein. Eine

genauere Untersuchung zeigt aber, dass trotzdem zwischen ihnen mancherlei, nicht unwesentliche Unterschiede obwalten, welche sich zu allermeist auf die Ramifikationsweise der Drüsengänge und auf den feineren Bau der Acini beziehen.

Es ist bekannt, dass das Secret einiger Speicheldrüsen durch einen besonders grossen Gehalt an Schleimstoff (Mucin) sich auszeichnet, während andere ein ganz wässeriges (seröses), von Schleimbeimengung völlig freies Secret liefern. Dieser funktionellen Differenz entsprechen gewisse Eigenthümlichkeiten in dem feineren Bau der Drüsenacini. Es hat sich nun aber gezeigt, dass es nicht bei allen Thieren immer die analogen Speicheldrüsen sind, welche zur Schleimproduktion befähigt sind, sondern dass z. B. die Submaxillardrüse bei gewissen Gattungen ein seröses, bei anderen aber ein schleimhaltiges Secret absondert. Weiters hat man erfahren, dass eine und dieselbe Drüse (Submaxillaris des Menschen) in ihren verschiedenen Abschnitten nicht durchwegs dieselben histologischen Eigenschaften besitzen muss, sondern hier der einen, dort der andern Art der Speicheldrüsen entsprechend gebaut sein kann. Endlich ist daran zu erinnern, dass man auch an den kleinen Schleimdrüschen der Mund- und Nasenhöhle ähnliche Differenzen beobachtet hat. Zuerst war es *Anton Heidenhain*, welcher nachgewiesen hat, dass beim Hund, Kaninchen und auch beim Menschen die kleinen, acinösen Drüschen der Nasenschleimhaut kein schleimiges, sondern ein seröses Secret liefern und dass sie von den gewöhnlichen Schleimdrüschen durch die Beschaffenheit ihrer Secretionszellen verschieden sind. Er hat für sie den Terminus: *Glandulae serosae* eingeführt, an Stelle dessen *R. Heidenhain* neuerdings, wegen des mitunter sehr grossen Eiweissgehaltes des Secretes, den Ausdruck *Eiweissdrüsen* gebraucht. Später hat *v. Ebner* an der Zunge vieler Säugethiere und des Menschen das Vorkommen von serösen Drüschen neben wahren Schleimdrüschen constatirt (S. 423), und ebenso *Lavdowsky* in der Schleimhaut des Schlundes und des Kehlkopfes beim Kaninchen.

Auf Grund der angeführten Thatsachen theilt man die Mundspeicheldrüsen nach dem Vorgange *Lavdowsky's* in zwei Gruppen, in *Schleimspeicheldrüsen* und *seröse Speicheldrüsen* (*Eiweissdrüsen*) ein.

Zu den Schleimspeicheldrüsen gehören:

die *Submaxillaris* der Katze und des Hundes,

die *Sublingualis* des Hundes, der Katze, des Kaninchens und des Menschen;

zu den serösen Speicheldrüsen:

die *Submaxillaris* des Kaninchens,

die *Parotis* des Hundes, der Katze, des Kaninchens und des Menschen.

Die *Submaxillardrüse* zeigt beim Menschen (und ebenso bei den Affen, bei dem Meerschweinchen und bei der Maus) stellenweise die Eigenthümlichkeiten der serösen Drüsen, stellenweise aber die der Schleimdrüsen und kann daher unter keine der genannten Gruppen eingestellt werden — sie besitzt eben einen gemischten Bau.

Das *Pankreas* muss den serösen Speicheldrüsen an die Seite gesetzt werden.

Mit Bezug auf den *feineren Bau der Acini* in den einzelnen Speicheldrüsen ist nun folgendes zu bemerken.

In der *Sublingualdrüse*, welche als Typus der Schleimspeicheldrüsen betrachtet werden kann, besitzen die Drüsenzellen den ausgeprägten Charakter der sogen. Schleimzellen (S. 65). An geeigneten Durchschnittspräparaten findet man unmittelbar unter der Membrana propria des Acinus einen mehr oder weniger granulirten, sichelförmigen Streifen (*Halbmond, Lunula*), welcher die Basalenden der Secretionszellen bedeckt und eine oder mehrere derselben umfangen kann. Diese Streifen lassen sich durch Carmin, Hämatoxylin, Chlorgold leicht färben und zeigen dann deutlich einen oder mehrere, kleine, elliptische Kerne in ihrem Inneren. *R. Heidenhain* hatte die Ansicht vertreten, dass ein jeder dieser Halbmonde aus einer Anzahl von kleinen, dicht gedrängten, eckigen Zellen bestehe, deren Grenzen jedoch nur schwer sichtbar seien. Er hat daher für sie die Bezeichnung: *Randzellencomplexe* eingeführt. Ihre Bedeutung wäre darin zu suchen, dass sie als Ersatzzellen für die nach der Ansicht dieses Forschers während der Secretionsthätigkeit zu Grunde gehenden Schleimzellen bestimmt seien. *Lavdowsky*, welcher sich auf Grund seiner Untersuchungen an der Orbitaldrüse dieser Ansicht angeschlossen hat, gibt überdies an, dass von ihnen aus feine, protoplasmatische Ausläufer mit netzartigen Verbindungen zwischen die Schleimzellen eindringen.

Späterhin hat sich *Stöhr* gegen die Ansicht *Heidenhains* ausgesprochen, indem er die Halbmonde als die peripherischen, von der Schleimmetamorphose verschont gebliebenen, also rein protoplasmatischen Abschnitte der Drüsenzellen in Anspruch nahm.

Die Membrana propria der Acini besitzt in der Sublingualdrüse jene gerippte Textur, welche bereits auf S. 400 erwähnt worden ist.

Die Parotis kann als Vorbild der serösen Speicheldrüsen angesehen werden. Die Zellen ihrer Acini zeichnen sich durch cubische oder polyedrische Gestalt, durch ein trübkörniges Aussehen und durch einen kugeligen oder ellipsoidischen Kern aus. *Flemming* hat in ihnen ein feines Fadengerüst nachgewiesen, als dessen Ausdruck das granulirte Aussehen des Zellkörpers zu betrachten ist; sie färben sich sehr leicht mit Carmin. Die Membrana propria ist ähnlich wie die der Sublingual-

drüse beschaffen, jedoch sehr zart und durchscheinend, so dass sie nur schwer zur Ansicht gebracht werden kann.

Die *Unterkieferdrüse* besitzt, wie bereits hervorgehoben worden ist, beim Menschen und bei mehreren Thieren zweierlei Acini. Die einen sind mit Schleimzellen und Halbmonden ausgestattet und unterscheiden sich von denen der Sublingualdrüse nur durch etwas geringere Grösse und dadurch, dass die Halbmonde seltener die ganze Peripherie des Acinus umfassen, häufig nur ganz vereinzelt stehen. Die Acini, welche nach Art der serösen Drüsen gebaut sind, zeigen sich durchwegs um fast die Hälfte kleiner als die ersteren und lassen das centrale Lumen gewöhnlich nur schwer erkennen; ihre Zellen gleichen denen der Parotis. Die Vertheilung und die relative Zahl der beiderlei Acini lässt keine Gesetzmässigkeit erkennen und scheint zahlreichen individuellen Varianten zu unterliegen. Meist jedoch trifft man auf grössere oder kleinere Strecken nur Acini der einen Art, dann wieder eine Gruppe der anderen Art; seltener sind vereinzelte schleimzellenführende Acini inmitten einer Gruppe „seröser" Acini eingeschaltet, oder umgekehrt.

Das Pankreas hat unter allen Speicheldrüsen die kleinsten Acini. Die Erforschung ihres Baues ist häufig dadurch ausserordentlich erschwert, dass in den Drüsenzellen reichliche, stark lichtbrechende Körnchen angehäuft sind, welche denselben einen hohen Grad von Undurchsichtigkeit verleihen und ihre gegenseitige Abgrenzung nur schwer erkennen lassen. Die Form der Drüsenzellen ist eine cylindrische oder kegelförmige, das breitere Ende nach aussen gerichtet. Die übrige Beschaffenheit derselben und ihre physiologischen Wandlungen, welche nach *R. Heidenhain* den verschiedenen Thätigkeitsphasen der Drüse entsprechen, haben schon früher (S. 64) ihre Erörterung gefunden. Ebenso ist der sogen. centroacinären Zellen, welche häufig das Lumen der Acini einnehmen, bereits gedacht worden (S. 401).

Es muss nur noch erwähnt werden, dass *R. Heidenhain* dem Pankreas den Typus einer schlauchförmigen Drüse zugeschrieben hat. Eine sorgfältige Prüfung dieser Angabe hat mir ergeben, dass zum mindesten beim Hund und beim Menschen der acinöse Bau des Pankreas ausser allem Zweifel steht, und kann ich mit Bezug darauf auf die Fig. 107 C verweisen.

An dem *Gangsystem* der Speicheldrüsen können drei Abschnitte unterschieden werden. Zunächst die eigentlichen *Ausführungsgänge* mit ihren Verästigungen, bis zu ihrem Eintritt in die primären Drüsenläppchen, dann die Verzweigungen derselben innerhalb der Läppchen (die Speichelröhren *Pflüger's*), welche wir schlechtweg als *Drüsengänge* bezeichnen wollen, und endlich die sogen. *Schaltstücke* (*v. Ebner*) d. h. die letzten Ausläufer der Drüsengänge bis zu ihrer Verbindung mit den Acini.

Die grossen Ausführungsgänge, soweit sie ausserhalb des Organes gelegen und in der Anatomie mit besonderen Namen bezeichnet sind (Ductus *Bartholini*, D. *Whartonianus* und D. *Stenonianus*, sowie der axial durch das Pankreas verlaufende Ductus *Wirsungianus*), stimmen bezüglich des Baues ihrer Wandungen völlig mit einander überein. Sie besitzen eine bindegewebige, mit elastischen Fasernetzen durchsetzte, äussere Umhüllung, welche mitunter (namentlich im pankreatischen Gang) eine innere, dichter gewebte und eine äussere, lockere Schichte erkennen lässt. Muskulöse Elemente fehlen den Ausführungsgängen: nur für den Ductus Whartonianus werden solche von einzelnen Autoren beschrieben. Die innere Oberfläche der Ausführungsgänge wird von einem einschichtigen, cylindrischen Epithelium ausgekleidet. In den Wänden des pankreatischen Ganges und seiner grösseren Aeste sind kleine, traubige Schleimdrüschen nachgewiesen worden, welche sich durch ihre hellen, cylindrischen Secretionszellen von den Formationen des Pankreas selbst wesentlich unterscheiden.

Die Verästigung der Ausführungsgänge erfolgt im Inneren der Organe, und zwar bei den Mundspeicheldrüsen durch fortgesetzte dichotomische Theilungen, bei dem Pankreas durch successive Abgabe zahlreicher, kleiner Zweigchen von dem das ganze Organ durchziehenden, gemeinschaftlichen Gang. Alle diese Ramifikationen sind mit den die Drüsen versorgenden Gefäss- und Nervenzweigen in dem lockeren Bindegewebe eingelagert, welches die Drüsenläppchen allerwärts umgibt. Ihr Bau zeigt ausser der allmälig abnehmenden Stärke der bindegewebigen Umhüllung dieselben Verhältnisse, wie der des gemeinschaftlichen Ausführungsganges.

An den *Drüsengängen*, welche sich innerhalb der primären Läppchen der Speicheldrüsen verzweigen, lässt sich eine Membrana propria erkennen, deren Bau so ziemlich jener der Acini gleichkommt. Die Zellen, welche die Drüsengänge auskleiden, stellen lange, schmale Cylinder dar und sind durch eine eigenthümliche Beschaffenheit des Zellkörpers ausgezeichnet. Man kann an demselben zwei Zonen unterscheiden, eine innere dem Lumen des Ganges zugewendete, welche ein helles, feinkörniges Aussehen zeigt und eine äussere, den bedeutend grösseren Abschnitt der Zelle einnehmende Zone, welche durch eine ziemlich scharf ausgeprägte Längsstreifung ausgezeichnet ist. Die letztere wird hervorgerufen durch reihenweise in der Zellsubstanz eingelagerte, mattglänzende, stäbchenartige Gebilde, welche den isolirten Zellen häufig den Anschein geben, als ob ihr basales Ende zerfranst wäre; sie sind von *Pflüger* mit Nervenendigungen in Zusammenhang gebracht worden, eine Angabe, welche indessen von keiner Seite bestätigt werden konnte. Der kugelige Zellkern ist in der äusseren Zone

enthalten. Am schönsten tritt das genannte Verhältniss in den Drüsengängen der Schleimspeicheldrüsen hervor, minder prägnant bei den serösen Speicheldrüsen. Ueberdies muss hinzugefügt werden, dass eine ähnliche Streifung des basalen Endes häufig auch an den Epithelzellen der feineren Aeste der Ausführungsgänge beobachtet wird. — Die Verzweigung der Drüsengänge ist eine dichotomische, die gleichzeitig entstehenden Aeste bilden gegen einander rechte oder stumpfe Winkel, die Dimensionen derselben nehmen bei fortschreitender Theilung nur um ein ganz Geringes ab.

Die *Schaltstücke*, welche aus den letzten Zweigen der Drüsengänge hervorgehen, verhalten sich nicht bei allen Speicheldrüsen gleich.

In dem *Pankreas* erscheinen sie als lange, dünne Röhrchen, welche mit Blutgefässcapillaren die grösste Aehnlichkeit haben, indem sie gleich diesen, aus ganz platten, in die Länge gestreckten, endothelartig an einander gefügten Zellen gebildet werden. Eine besondere Membrana propria ist an ihnen nicht sicher erweislich. Diese feinen Röhrchen entspringen ganz unvermittelt aus den Endzweigen der Drüsengänge, theilen sich bald ein- oder zweimal und verlaufen dann auf längere oder kürzere Strecken zwischen den Acini hindurch. Endlich zerfallen sie rasch in drei bis vier Zweige, von denen jeder sich sofort mit einem Acinus in Verbindung setzt. Dies geschieht in der Weise, dass die Zellen des Schaltstückendes in den Acinus selbst eindringen und sich dort an die eigentlichen Drüsenzellen anlegen. Es nehmen daher diese spindelförmigen, hier mitunter auch verästigten Zellen die Lichtung des Acinus zum Theil ein und sie sind es, welche bereits als centroacinäre Zellen beschrieben worden sind (S. 401).

Die Schaltstücke der *Parotis* erweisen sich ebenfalls als ziemlich lange, schmale Röhrchen mit ähnlicher Verlaufsweise und Astfolge, wie die des Pankreas. Sie unterscheiden sich jedoch von diesen durch die Beschaffenheit und Fügung ihrer zelligen Elemente. Dieselben sind walzenförmig, an beiden Enden zugeschärft und liegen schief zur Axe des Röhrchens, dachziegelförmig über einander (*v. Ebner*). Eine Membrana propria scheint ihnen ebenfalls zu mangeln. Die Enden der Schaltstücke legen sich meist einfach an die Zellen der Acini an, ohne in das Innere der letzteren einzudringen. Doch scheint auch das letztere mitunter vorzukommen, da nach der Angabe mehrerer Autoren in der Parotis stellenweise sich centroacinäre Zellen finden sollen.

Die *Submaxillaris* unterscheidet sich mit Bezug auf die Schaltstücke sehr wesentlich von den beiden vorgenannten Drüsen. Dieselben gehen hier stets in grösserer Zahl, mitunter fast doldenartig, aus dem Ende eines Drüsenganges hervor und stellen kurze, noch ansehnlich breite Röhrchen dar, an denen man deutlich eine Membrana propria

erkennen kann, welche sich in die des Acinus fortsetzt. Die Auskleidung der Schaltstücke wird von cubischen, stark granulirten, mit kugeligen Kernen versehenen Zellen gebildet. Dieselben legen sich an der Verbindungsstelle mit dem Acinus unmittelbar an die Secretionszellen des letzteren an; niemals setzen sie sich in die Lichtung desselben hinein fort. Aus diesem Grunde findet man auch hier keine centroacinären Zellen.

Die Schaltstücke der *Sublingualdrüse* verhalten sich ganz analog wie in der Submaxillaris.

Mit Bezug auf Blutgefässe, Lymphgefässe und Nerven der Speicheldrüsen ist dem bereits im Allgemeinen über acinöse Drüsen Bemerkten (S. 401 und 402) nichts hinzuzufügen.

8) Die Leber.

Die Leber der erwachsenen Säugethiere und des Menschen nimmt mit Bezug auf ihren feineren Bau in der Reihe der Drüsengebilde insoferne eine eigenartige Stellung ein, als sie sich weder dem acinösen, noch dem tubulösen Typus ohne Weiteres unterordnen lässt. Der Grund liegt darin, dass die Secretionszellen ungleich vielfachere Beziehungen sowohl zu dem Blutgefässsystem als auch zu dem ausführenden Kanalsystem besitzen, als dies bei irgend einer anderen Drüse der Fall ist. Während der tubulöse, sowie der acinöse Drüsenbau es mit sich bringt, dass eine jede Secretionszelle nur nach einer Seite hin gegen ein Drüsenlumen und mit einer anderen Seite gegen die capillare Gefässausbreitung gerichtet ist, andererseits aber ein Drüsenlumen stets von mehreren Zellen begrenzt wird, so findet man im Gegentheile in der Leber eine jede secernirende Zelle an mehreren Punkten sowohl mit Capillargefässen, als auch mit Theilen des ausführenden Kanalsystems in Berührung treten. Damit steht in Zusammenhang, einmal, dass die feinsten Gallengänge, wenigstens der grösseren Zahl nach, nur von je zwei Zellen begrenzt werden, anderentheils aber, dass sich in der Leber nicht so abgeschlossene primäre Drüsenformationen finden, wie es die Tubuli und Acini anderer Drüsen sind.

Dieser eigenthümliche Bau der Leber ist durch mehrere Erfahrungen der neueren Zeit unserem Verständnisse näher gerückt worden. Zunächst haben *Hering* und *Eberth* nachgewiesen, dass die Leber niederer Säugethiere (Natter, Frosch, Kröte u. s. w.) einen ganz ausgeprägten, tubulösen Bau besitzt; ferner hat *Hering* darauf hingewiesen, dass die menschliche Leber kurz nach der Geburt zum Theile einige Aehnlichkeit mit gewissen Amphibienlebern zeige und endlich hat die

nähere Untersuchung der Wachsthumsvorgänge in der menschlichen Leber von frühen embryonalen Stadien an, ergeben, dass dieselbe in Gestalt einer netzförmig verzweigten, tubulösen Drüse sich entwickelt, und dass ihr bleibender Bau erst allmälig, während der ersten Lebensjahre, aus der embryonalen, tubulösen Anlage hervorgeht (*Zuckerkandl* und *ich*).

Die Drüsenzellen der Leber (*Leberzellen*). Zerzupft man ein Partikelchen frischer Lebersubstanz in $^1/_2$—1% Kochsalzlösung, so findet man stets neben farbigen und farblosen Blutzellen eine grosse Anzahl von Leberzellen, völlig isolirt in dem Präparate enthalten. Sie sind von unregelmässig polyedrischer Form (vgl. Fig. 13D) und zeigen zum Theile nach allen Seiten hin so ziemlich gleiche Dimensionen, der Mehrzahl nach aber sind sie nach einer Richtung etwas in die Länge gezogen; sehr häufig findet man eine oder die andere ihrer Begrenzungsflächen concav ausgeschnitten. Ihre Durchmesser schwanken zwischen 34·3—14·7 μ. Die Contouren der Leberzellen sind scharf und glänzend, der Zellkörper von reichlichen, feineren und gröberen Körnchen durchsetzt; häufig enthält er auch Fetttröpfchen oder gelbliches, krümliches Pigment. Der Kern ist in den meisten dieser Zellen deutlich erkennbar, gewöhnlich einfach, nicht selten aber auch doppelt vorhanden, stets excentrisch gelagert, kugelig, bläschenartig und reichlich granulirt. Die Kernkörperchen treten durchgehends scharf hervor. Ob den Leberzellen eine Membran zukomme, ist schwer zu entscheiden; die meisten Autoren haben sich für das Fehlen einer solchen ausgesprochen.

Bevor die Anordnung der Leberzellen besprochen werden kann, ist es nöthig, das Wesentlichste über die *Ramifikationsverhältnisse der Blutgefässe* und über die damit in Zusammenhang stehende *Gliederung des Leberparenchyms* beizubringen.

Die Leber bezieht bekanntlich ihr Blut aus zweierlei Quellen. Den grössten Theil führt ihr die Vena portae zu; ausserdem aber erhält sie arterielles Blut durch die Arteria hepatica. Beide diese Gefässstämme zerfallen in der Querfurche der Leber in mehrere Aeste, welche unter fortgesetzter, dendritischer Verzweigung nach den verschiedenen Regionen des Organes hin sich begeben. Der Abfluss des Blutes erfolgt durch die Venae hepaticae, welche am hinteren, stumpfen Rande der Leber, oder schon in der Fossa longitudinalis dextra in die Hohlader einmünden. Diese, der Leber zukommende Eigenthümlichkeit, dass ihre zu- und abführenden Gefässe völlig von einander abweichenden Richtungen folgen, eine Eigenthümlichkeit, welche schon in der ersten Anlage der Leber begründet ist, spricht sich auch in der Anordnung der feinsten Gefässchen im Inneren des Organes aus. Als ein Ausdruck der letzteren ist es zu betrachten, dass man an glatten Schnittflächen, sowie auch an der Oberfläche der Leber eine bald mehr,

bald weniger deutlich ausgeprägte Sonderung der Lebersubstanz in rundliche, eckige oder oblonge Felder wahrnimmt. An ganz frischen Lebern sind die Grenzen dieser Felder gewöhnlich nur undeutlich sichtbar, einige Zeit nach dem Tode aber werden sie durch gewisse Farbennüancen schärfer hervorgehoben. Man bemerkt nemlich in der Mehrzahl der Fälle im Centrum eines jeden Feldes einen dunkelrothen Punkt oder Streif, dessen nächste Umgebung stärker gefärbt ist, als die peripheren Theile des Feldes. Indem nun die helleren Umrandungen benachbarter Felder mit einander verschmelzen, entsteht an der Schnittfläche eine netzartige, helle Zeichnung, innerhalb welcher dunklere Flecke eingeschlossen sind. In selteneren Fällen erscheint die Mitte der einzelnen Felder heller als deren Peripherie gefärbt.

Hat man eine Leber von der Pfortader her injicirt, so zeigt sie sich völlig gleichmässig gefärbt in dem Falle, als die Injectionsmasse allenthalben bis in die Lebervenen eingedrungen ist. Hat man aber die Injection früher unterbrochen, so treten die beschriebenen Felder sehr scharf hervor, indem ein jedes derselben durch einen Saum von der Farbe der Injectionsmasse umgeben ist. Die farbigen Säume fliessen sämmtlich in einander und erzeugen eine der oben beschriebenen analoge, netzartige Zeichnung. Eine zeitig genug unterbrochene Injection der Leber von den Venae hepaticae aus ergibt umgekehrt eine Erfüllung der centralen Parthieen unserer Felder im ganzen Bereiche des Organes. Aus diesen Ergebnissen der künstlichen Gefässinjection lässt sich erschliessen, dass die Endramifikation der Pfortaderästchen in der Peripherie eines jeden Feldes erfolgt, während die Wurzeln der Lebervenen aus dem Centrum derselben hervorgehen, weiters aber, dass die Farben-Differenzen an der Leichenleber auf einer ungleichen Vertheilung des Blutes in den feinsten Stämmchen der Pfortader und der Lebervenen beruhen, indem meistentheils die Wurzeln der Venen mehr Blut enthalten als die Endzweige der Pfortader.

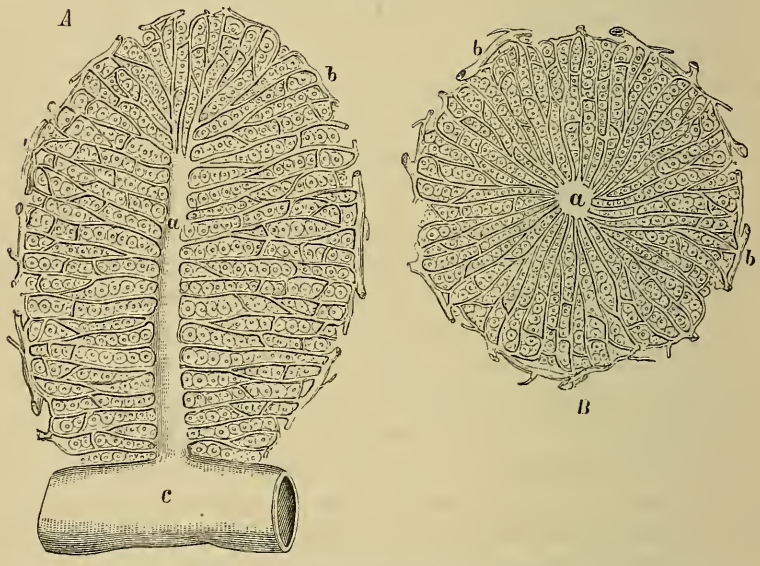
Die beschriebenen Felder an den Schnittflächen der Leber sind nun nichts anderes, als die Durchschnitte der sogen. *Leberinselchen* (*Leberläppchen, Partiallebern*, früher auch *Acini* genannt). Man versteht darunter längliche, eiförmig oder ellipsoidisch gestaltete Theilstückchen der Lebersubstanz, deren Grenzen durch die feinsten Ausläufer der Pfortaderzweige gegeben sind und in deren Axe eine Lebervenenwurzel gelegen ist. Ihre Dimensionen betragen beim Menschen etwa 1 Mm. nach der Quere und 1·5—2 Mm. in der Länge. Die umstehende Fig. 128 zeigt in schematischer Darstellung den Aufbau eines Leberinselchens.

Hat man einen Querschnitt eines solchen vor sich (B), so sieht man genau im Centrum den Querschnitt der Lebervenenwurzel (*Innenvene, Vena centralis, intralobularis*), und in sie von allen Seiten her

Capillarröhrchen einmünden. Die letzteren verlaufen im Allgemeinen radienartig von der Peripherie gegen die Innenvene zu, communiciren aber durch schiefe und quere Anastomosen vielfach mit einander. Sie gehören mit zu den weitesten Capillargefässen des Körpers, indem ihr Durchmesser in injicirtem Zustande 10—14 μ betragen kann. In Betreff ihres Baues ist bereits gelegentlich (S. 346) bemerkt worden, dass es noch nicht gelungen ist, durch Injection von Silbernitrat eine zellige Zusammensetzung ihrer Wände zu constatiren.

Die radiären Capillaren entwickeln sich aus den letzten Ausläufern der Pfortaderzweige, welche sich an den Grenzen der Leberinselchen aus-

Fig. 128.



A. Schematische Darstellung eines der Länge nach durchschnittenen Leberinselchens.
B. Eines der Quere nach durchschnittenen Leberinselchens.
a. Innenvene, b. Pfortaderzweige, beide in Verbindung gesetzt durch die radiär verlaufenden Capillaren, zwischen denen reihenweise die Leberzellen eingelagert sind, c. Vena sublobularis. (Das Schema entspricht einer etwa 40fachen Vergrösserung.)

breiten und hier den Namen *Zwischenvenen — Venae interlobulares* führen. Diese selbst dringen niemals in die Leberinselchen ein, sondern verlaufen stets in den Zwischenräumen derselben, von wo sie, unter dendritischer Ramifikation und ohne unter einander zu anastomosiren, ihre capillaren Ausläufer in alle benachbarten Leberinselchen hineinsenden.

Ist ein Leberinselchen der Länge nach mitten durchschnitten (A), so sieht man seiner Axe entlang die Innenvene verlaufen; dieselbe erscheint jetzt als ein äusserst dünnwandiges, sich allmälig etwas verbreiterndes Gefässchen, welches im obersten Dritttheil des Inselchens aus dem Zusammenfluss mehrerer Capillaren hervorgeht und während

seines ziemlich geraden Verlaufes noch von allen Seiten her, unter fast rechten Winkeln, solche in sich aufnimmt. An der Basis des Inselchens, wo die Innenvene aus diesem austritt, um sich sofort in eine grössere Vene (*Vena sublobularis*) einzusenken, misst sie im injicirten Zustande 80—110 μ in der Breite. An der Grenze des Leberinselchens sieht man auch an Längsschnitten die Verzweigung der Zwischenvenen.

In beiden Fällen, sowohl an dem Längen- als auch an dem Querschnitte des Leberinselchens kann man sich leicht überzeugen, dass die Räume, welche zwischen den radiären Capillaren übrig bleiben, von den *Leberzellen* eingenommen werden. In Folge der Configuration und der Dimensionen dieser Räume gestaltet sich die Anordnung der Leberzellen an den in Rede stehenden Durchschnitten derart, dass gewöhnlich zwischen je zwei radiären Capillaren eine Reihe von Leberzellen erscheint, welche stellenweise durch die queren Anastomosen der ersteren unterbrochen ist. Es sind dies die sogen. „Leberzellenbalken", welche bei den älteren Histologen eine gewisse Rolle spielten, insoferne, als man solche Zellenreihen als die mehr weniger selbständigen, primären Drüsenformationen der Leber betrachtete. Es ist indessen nicht schwer, sich zu überzeugen, dass der Zusammenhang und die Vertheilung der Leberzellen eines Inselchens nach allen Richtungen hin völlig gleichmässig sind; man braucht nur solche Leberinselchen näher zu betrachten und zu vergleichen, an denen eine grössere Anzahl der radiären Capillaren senkrecht durchschnitten ist (z. B. bei einer Schnittrichtung, welche parallel der Innenvene, jedoch etwas abseits von dieser verläuft). Man sieht dann die zusammenhängende Masse der Leberzellen derart von den kreisrunden Querschnitten der radiären Capillaren durchsetzt, dass zwischen je zwei der letzteren immer nur eine Leberzelle Platz findet; die Grenzcontouren der Leberzellen erscheinen aber ebenso, wie an den erstbeschriebenen Durchschnitten, in Form glänzender Linien, welche von einer Capillare zur anderen ziehen. Es ist daher ein Leberinselchen als ein Aggregat von Leberzellen zu betrachten, welches, von den Ramifikationen der Zwischenvenen umgeben, in der angedeuteten Weise von Capillargefässen durchzogen ist, und in dessen Axe als Sammelstätte aller Capillaren die Innenvene verläuft.

Die Abgrenzung benachbarter Inselchen kann eine mehr oder minder vollständige sein. In der Leber des Schweines und des Eisbären ist ein jedes derselben von einer geschlossenen Hülle von fibrillärem Bindegewebe umgeben, und so eine völlige Sonderung der einzelnen Inselchen bewirkt. Bei anderen Säugethieren, Hund, Katze u. s. w. kommen zwar auch Bindegewebszüge in nicht unerheblicher Menge zwischen den Läppchen vor, allein sie treten hier mehr als Gefässscheiden für die Ramifikationen der Pfortader und Leberarterie,

sowie als Umhüllung der Gallengänge und Nervenfasern auf, so dass an den Stellen, wo keine solchen gelagert sind, die Zellen benachbarter Leberinselchen unmittelbar an einander stossen. Ebenso verhält es sich auch beim Menschen. Ausnehmend spärlich ist das interlobulare Bindegewebe in der Kaninchenleber vertreten, so dass die Grenzen benachbarter Inselchen vielfach völlig verwischt erscheinen.

Die Anordnung der Leberinselchen steht in naher Beziehung zu dem Verlaufe jener kleineren Lebervenenzweige, welche man als *Venae sublobulares* bezeichnet. Es sind dies sehr dünnwandige Gefässchen, welche von 0·25 bis zu 1—2 mm Querdurchmesser und darüber anwachsen, und sich dann zum Theil unter spitzen Winkeln mit einander vereinigen, zum Theile aber direkt in die grösseren Venenstämme einmünden. Um die Venae sublobulares herum gruppiren sich nun die Leberinselchen derart, dass sie sämmtlich mit ihren Basen der Venenwand anliegen und mit ihren seitlichen Begrenzungsflächen sich gegenseitig berühren. Ein Querdurchschnitt einer sublobularen Vene zeigt daher eine grössere oder kleinere Anzahl von Leberinselchen, radienartig angeordnet, in seinem Umkreise; die Innenvenen derselben kommen der Länge nach zur Ansicht und münden in der Richtung der Radien in die Vena sublobularis ein.

Nicht selten, und namentlich bei jungen Thieren, beobachtet man sogen. *Zwillingsinselchen,* d. h. solche, deren Innenvenen sich vor ihrer Einmündung in die Sublobularvene zu einem gemeinsamen Stämmchen vereinigen, wobei die Inselchen selbst mit ihren einander zugewendeten Flächen nach der Basis hin verschmolzen und nur mit ihren Kuppen gesondert erscheinen. Ich habe gezeigt, dass dieses Verhältniss mit dem Wachsthum der Leber in Zusammenhang steht.

Es ist nun noch Einiges über die Ausbreitung der *Leberarterie* nachzuholen. Dieselbe ramificirt sich parallel mit der Pfortader, und allenthalben findet man neben den grösseren Aesten der letzteren auch die Zweige der Arterie in den Interstitien der Leberläppchen. Sie unterscheiden sich leicht durch ihren Bau und durch ihr viel geringeres Kaliber von den Aesten der Pfortader. Die Leberarterie hat im Gegensatze zu dieser, welche vor allem das Materiale für die Gallenbereitung liefert, die Aufgabe, die verschiedenen Bestandtheile der Leber, welche ausserhalb der Inselchen gelegen sind, zu ernähren. Wir finden daher ihre capillaren Ausbreitungen in Form von reichhaltigen Netzen um die grösseren Gallengänge und Pfortaderäste herum, nicht minder im Umkreis der grösseren Lebervenen, überhaupt in dem interlobularen Bindegewebe; zahlreiche Ausläufer gehen auch in die Leberkapsel über, wo sie ein weitmaschiges Netzwerk ziemlich enger Capillaren bilden. Aus den Capillaren der Leberarterie gehen kleine Venen hervor, welche

sich mit den Zwischenvenen vereinigen und ihr Blut in das radiäre Capillarsystem der Leberinselchen ergiessen. Weil sie somit der Pfortaderramifikation einen Zuwachs bringen, werden sie auch als *innere Pfortaderwurzeln* bezeichnet.

Es kommen nun die Bahnen zu besprechen, in welchen das von den Leberzellen erzeugte Secret — die Galle — nach aussen befördert wird. Man unterscheidet an denselben zwei Abschnitte: Die *Gallencapillaren* (*intralobulare Gallengänge*), das sind feinste, innerhalb der Leberinselchen gelegene Kanälchen, und die *interlobularen Gallengänge*, stärkere, zwischen den Leberinselchen verlaufende Röhrchen, in welche die ersteren allenthalben übergehen.

Die Untersuchung der *intralobularen* Gallenwege begegnet sehr grossen Schwierigkeiten und ist mit Aussicht auf Erfolg nur an Injectionspräparaten vorzunehmen. Da sich solche am besten an der Kaninchenleber gewinnen lassen, so ist dieselbe auch von den meisten neueren Forschern zur Untersuchung benützt worden; und was in Betreff der übrigen Säugethiere und des Menschen über die Gallencapillaren bekannt ist, ist grösstentheils auf Grund der an der Kaninchenleber gemachten Erfahrungen verständlich geworden. Eine vollständige Blaufärbung der Gallencapillaren erhält man auch (am besten bei Hunden) nach Injection einer gesättigten Lösung von indigoschwefelsaurem Natron in das Blut eines lebenden Thieres (*Chrzonszczewski*). Zweckmässig ist es, darauf die Erfüllung der Blutgefässe mit einer rothen Injectionsmasse folgen zu lassen.

Die nachfolgende Schilderung der Gallencapillaren bezieht sich zunächst auf das Kaninchen, und ist derselben die treffliche, derzeit der Wesenheit nach fast allgemein anerkannte Darstellung *Hering's* zu Grunde gelegt.

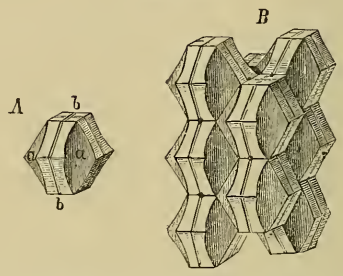
Vor allem ist hervorzuheben, dass die intralobulären Gallengänge keineswegs Capillaren in dem gebräuchlichen Sinne des Wortes darstellen, d. h. keine aus endothelialen Zellen zusammengesetzten, besonderen Wandungen besitzen; sie sind vielmehr äusserst dünne, etwa 1—2 μ im Durchmesser haltende Kanälchen, welche in netzartiger Anordnung zwischen den Leberzellen verlaufen. Es ist *Gerlach's**) Verdienst, zuerst erkannt zu haben, dass die Gallengänge im Inneren der Leberläppchen als feine Intercellulargänge beginnen, und dass deren Anordnung und Richtung von den Lageverhältnissen der sie unmittelbar begrenzenden Leberzellen abhängig ist. Die räumlichen Beziehungen der letzteren zu den Gallencapillaren können am vortheilhaftesten an dem nachstehenden, von *Hering* für die Kaninchenleber construirten Schema (Fig. 129) erörtert werden.

Stellt man sich vor, dass die Gestalt einer Leberzelle annähernd einer gleichkantigen, vierseitigen Pyramide mit abgestutzten Spitzen

*) Diesem Forscher ist es auch zuerst gelungen, die Gallencapillaren in der Leber des Schweines, wenn auch unvollständig, zu injiciren. Bald darauf hat *J. Budge* tadellose und vollständige Injectionen derselben an der Leber des Kaninchens, Kalbes und Hammels hergestellt.

gleiche (A), so hat man sie derart zwischen den radiären Capillaren der Leberinselchen eingelagert zu denken, dass diese stets entsprechend ihren Seitenkanten zu liegen kommen; in Folge dessen entstehen anstatt der letzteren rinnenartige Einhöhlungen (a). Die sämmtlichen Flächen einer Leberzelle sind benachbarten Zellen zugewendet und besitzen je eine schmale Halbrinne, welche senkrecht zu ihren Rändern gestellt ist und dem Verlaufe eines Gallenkanälchens entspricht; an den beiden zur Hauptaxe senkrecht stehenden Abstutzungsflächen befinden sich zwei solcher Rinnen in rechtem Winkel gekreuzt. Setzt man nun mehrere derartige Zellenmodelle in geeigneter Weise neben und über einander (Fig. 129 B), so ergibt sich, dass die an Stelle der Kanten befindlichen Einhöhlungen benachbarter Zellen sich zu Röhren ergänzen,

Fig. 129.



Schema der Leberzellen nach *Hering*.

A. Eine einzelne Zelle. a. Aushöhlungen der Zellkanten, entsprechend einer vorbeistreichenden, radiären Blutgefässcapillare. b. Rinnen, entsprechend dem Laufe der Gallencapillaren.
B. Eine Anzahl von Zellen an einander gefügt.

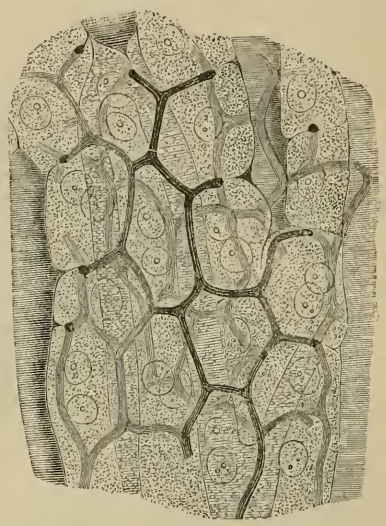
welche den radiären Capillaren entsprechen, während eine jede der an den Flächen verlaufenden, schmalen Rinnen mit einer ähnlichen der ihr zugewendeten Fläche der Nachbarzelle eine Gallencapillare erzeugt. In ihrer Gesammtheit sind die letzteren nun zu Netzen geordnet, deren sechseckige Maschenräume so gross sind, wie der Umfang einer Leberzelle. Da eine jede Leberzelle in zwei senkrecht zu einander gestellten Ebenen von Gallencapillaren umzogen wird, so kommt es an zwei entgegengesetzten Flächen derselben zu einer Ueberkreuzung der Kanälchen, welche sich dadurch ausspricht, dass 4 Kanälchen in dem Mittelpunkt der Fläche unter rechten Winkeln an einander stossen. Durchgehends aber ist die Lagerung der Gallencapillaren so, *dass sie an keiner Stelle mit einer Blutcapillare in Berührung kommen.*

Wäre ein Modell, wie es unter B angeordnet ist, aus durchsichtigem Materiale verfertigt, so würde sich das Verhältniss der Gallengänge zu den radiären Capillaren und zu den Leberzellen bei Betrachtung von verschiedenen Seiten her in verschiedenen Bildern zeigen. Stellt man das Modell so, wie es gezeichnet ist, dem Auge gegenüber, so hat man die radiären Capillaren der Länge nach vor sich, und die Gallencapillaren erscheinen zwischen je zwei Blutcapillaren in gebrochenen

Linien verlaufend. Von diesen zweigen sich nach beiden Seiten, unter und über den Blutgefässen weg, in kurzen Abständen immer wieder neue Kanälchen ab, welche sich dann mit dem Längszug der Gallenkanälchen in dem benachbarten Capillarzwischenraume in Verbindung setzen. Durch Drehungen des Modelles um seine Axe kann man die Ansicht mehrfach modificiren, indem ein Theil des Netzwerkes seine Maschen bald der Fläche nach, bald unter schiefen Winkeln dem Auge des Beobachters zuwendet. Im ersteren Falle erscheint stets ein Theil der Gallencapillaren im Querschnitt; die der Fläche nach gesehenen Maschen entsprechen aber genau dem Umriss einer Leberzelle.

Wendet man das Modell so, dass die Lücken, welche die radiären Capillaren repräsentiren, genau im Querschnitt gesehen werden, so bildet eine jede derselben den Mittelpunkt einer polygonalen Masche von Gallencapillaren, welche aber nicht alle in einer Ebene gelegen sind, sondern zum Theil schief nach der Tiefe auf- und abwärts steigen und daher in Verkürzung erscheinen. Auch da stellen sich zahlreiche Gallencapillaren im optischen Querschnitt ein. Eine solche Masche entspricht nun niemals dem Umfang einer Leberzelle, sie fasst vielmehr an einander stossende Theile von vier Leberzellen in sich. — Andere Stellungen des Modelles geben wieder verschiedene, zum Theile sehr complicirte Ansichten des Gallengangnetzes, in welchen man sich aber nach dem Angegebenen zu orientiren vermögen wird.

Fig. 130.

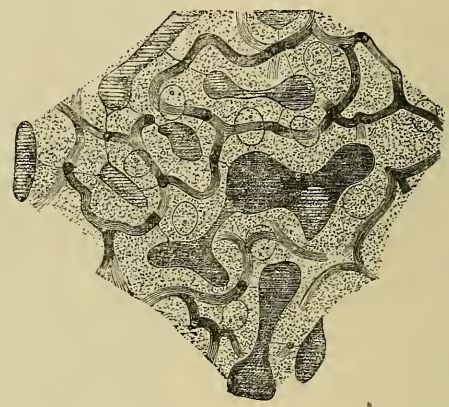


Aus einem Leberinselchen des Kaninchens. Der Durchschnitt geht entlang den radiären Capillaren, welche durch quere Streifung kenntlich gemacht sind. Die Gallencapillaren sind längsgestreift gezeichnet. Ihre Netze umziehen die Leberzellen, deren Contouren stellenweise sichtbar werden. (Nach *Hering*). Vergrösserung ungefähr 400fach.

Hat man an einem derartigen Schema, welches man sich selbst aus Holz oder Wachs anfertigen kann, eine klare Vorstellung gewonnen, so wende man sich an die Untersuchung dünner Schnitte aus einer injicirten Kaninchenleber. Dabei muss jedoch Folgendes im Auge behalten werden. Das dargelegte Schema kann naturgemäss nicht darauf Anspruch erheben, alle Einzelnheiten eines natürlichen Präparates völlig genau wiederzugeben: dies ist wegen der vielfachen Formdifferenzen der einzelnen Leberzellen überhaupt nicht möglich. Ausserdem ist zum Zwecke der Vereinfachung des Modelles auf die zahlreichen Anastomosen der radiären Gefässcapillaren keine Rücksicht genommen worden, welche je nach ihrer Richtung die verschiedensten localen Modificationen des Gallengangnetzes mit sich bringen. Insbesondere aber muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Ueberkreuzungsstellen der Gallencapillaren an dem Präparate nur selten in so regelmässiger Weise zur Beobachtung kommen, als wie sie in dem Modelle dargestellt sind, indem bei der differenten Gestaltung der Flächen und Kanten der Leberzellen die Schenkel des Kreuzes häufig in schiefen Winkeln auf einander stossen oder sich nicht in einem Punkte treffen, mitunter auch nur drei derselben vorhanden sind. In einem jeden guten Präparate wird man aber Stellen finden, welche dem Schema durchaus entsprechen.

Bei dem Studium dieser Verhältnisse an dem Präparate suche man zunächst Stellen aus, an welchen die radiären Capillaren möglichst genau der Länge oder der Quere nach getroffen sind (Fig. 130 und 131). Sie bedürfen nach dem, was bereits vorgebracht ist, nur einer kurzen Erläuterung. Fig. 130 ist einem ziemlich dicken Schnitte entnommen und zeigt daher die wechselnden Niveauverhältnisse der Gallencapillaren, welche ein die Blutgefässe umstrickendes, körperliches Netzwerk herstellen. Die Kerne der Leberzellen sind zumeist innerhalb der Maschen gelagert, da die Gallencapillaren die Contouren der Zellen umkreisen: dass jene Gallengänge, welche die Blutcapillaren überkreuzen, mit diesen nicht in Berührung treten, sondern in gewissem Abstande von ihnen

Fig. 131.



Aus einem Leberinselchen des Kaninchens. Der Durchschnitt hat die radiären Capillaren quer getroffen; mehrere derselben stehen durch Anastomosen in Verbindung. Die Blut- und Gallen-Capillaren sind wie in der vorigen Figur kenntlich gemacht. (Nach *Hering*). — Vergrösserung ungefähr 400fach.

sich befinden, lässt sich durch eine sorgsame Handhabung der Stellschraube des Mikroskopes constatiren; die Zeichnung kann es nicht gut veranschaulichen.

In Fig. 131 sind die radiären Capillaren senkrecht durchschnitten; man sieht die Gallenkanälchen über die Flächen der Leberzellen weg, senkrecht auf die Kanten derselben verlaufen und ein unregelmässiges Maschenwerk um die Querschnitte der Blutcapillaren zusammensetzen. In dieses münden zwischen den Grenzflächen der Leberzellen, aus der Tiefe, senkrecht getroffene Gallencapillaren. Die in der Längenansicht vorliegenden Gallencapillaren decken vielfach die Kerne der unter- oder überliegenden Leberzellen.

Besonders hervorzuheben sind an dieser Abbildung jene Abweichungen des Gallengangnetzes von dem Schema, welche durch die

Anastomosen der radiären Capillaren bedingt sind. Entsprechend einer solchen bleibt immer die Masche der Gallenkanälchen offen, indem über jene Zellenkanten, welche mit dem Blutgefäss in Berührung stehen, eben kein Gallenkanälchen verläuft.

Die Leber des *Menschen* und verschiedener Säugethiere (z. B. Hund) unterscheidet sich bezüglich der Anordnung der Gallencapillaren vorzüglich dadurch von der Kaninchenleber, dass nicht alle Gallenkanälchen entlang den Flächen der Leberzellen verlaufen, sondern zum Theile auch an den Kanten derselben gelegen sind. In diesem Falle findet man dann ein Gallenkanälchen von drei oder auch von vier Zellen um-

Fig. 132.

A. Aus einem Leberinselchen eines 4 Jahre alten Kindes.
B. Eines 7 Monate alten Kindes. (Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 2.)

stellt (Fig. 132 A). Dieser Umstand findet darin seine Begründung, dass in der menschlichen Leber die Berührung der Zellen mit den Blutcapillaren nicht eine so vielfache ist, wie beim Kaninchen. Geht man übrigens auf die Untersuchung des Baues embryonaler und jugendlicher Menschenlebern zurück, so begegnet man dem letztgenannten Verhältnisse um so häufiger, je weniger die Entwicklung der Leber vorgeschritten ist. In der embryonalen Leber ist es sogar die Regel, dass ein jedes Gallenkanälchen in seinem Umkreise von 3, 4—5 Zellen begrenzt ist (*Zuckerkandl* und *ich*), so dass es sich ganz wie das Lumen einer schlauchförmigen Drüse verhält. Erst nach der Geburt erfolgt nach und nach eine Umgestaltung dieses tubulösen Drüsentypus zu dem Zustande, welcher früher beschrieben worden ist. Ich kann über-

dies noch hinzufügen, dass es mir gelungen ist, auch an Embryonen von Kaninchen und Meerschweinchen nach Injection der Gallenwege den netzartig tubulösen Bau der Leber nachzuweisen.

Es darf nun nicht verschwiegen werden, dass verschiedene Forscher mehr oder minder wesentlich abweichende Darstellungen von der Anordnung der Gallencapillaren gegeben haben. Insbesondere möge erwähnt werden, dass *Eberth* blinde Abzweigungen der Gallencapillaren beschrieben, *Biesiadecki* den Bau der Leber des erwachsenen Menschen als einen rein tubulösen hingestellt und auch *Peszke*, vorzüglich gestützt auf Untersuchungen an Hunden, die Leber aller Säugethiere als eine netzartig verzweigte, schlauchförmige Drüse erklärt hat. *Peszke*, sowie schon früher *Asp* haben demnach das *Hering'sche* Modell für unrichtig erklärt, ohne dass sie jedoch im Stande gewesen wären, etwas besseres an dessen Stelle zu setzen.

Eine andere bis jetzt noch controverse Frage betrifft die *Wandungen* der Gallencapillaren. *Hering* hatte angenommen, dass dieselben direkt durch die rinnenförmigen Ausschnitte einander berührender Leberzellenflächen gebildet werden, und dass eigene Wände der Gallencapillaren nicht existiren. Andere, wie *Chrzonszczewski*, *Eberth*, *Fleischl*, *Peszke* u. s. w. haben structurlose Häutchen als selbständige Wandungen derselben beschrieben. *Kölliker*, welcher eine besondere Wandung der Gallenkanälchen anerkennt, glaubt, dass sie durch eine locale Verstärkung der Leberzellenmembran hergestellt werde. *Legros* behauptet sogar, dass die Wandungen der Gallencapillaren aus endothelialen Zellen zusammengesetzt seien. Für die jugendlichen Lebensepochen des Menschen habe ich die Ueberzeugung erlangt, dass eine selbständige Wand der Gallencapillaren nicht besteht, für den ausgewachsenen Zustand möchte ich es noch als zweifelhaft betrachten.

Die interlobularen Gallengänge sind die direkten Fortsetzungen der Aeste des Ductus hepaticus, welche sich parallel mit der Pfortader und der Leberarterie in dendritischer Verzweigung zwischen den Leberinselchen hinziehen. Die *grösseren* von ihnen besitzen eine bindegewebige Wandung, deren innere, gefässreichere Lage durch ihr feinfaseriges Wesen und zahlreiche zellige Elemente ausgezeichnet ist, während die äussere, an Blutgefässen ärmere Schichte aus gröberem Bindegewebe besteht und mehr von elastischen Fasernetzen durchflochten ist. An den grössten Aesten und am Stamme des Ductus hepaticus, cysticus und choledochus, sowie in der Wand der Gallenblase, gestalten sich die Bindegewebslagen zu einer wohl charakterisirten Schleimhaut mit ziemlich scharfer Sonderung der Tunica propria und submucosa. Glatte Muskelfasern kommen in der Gallenblase als eine sehr dünne Längs- und Querlage, in den Stämmen der Gallengänge nur in vereinzelten

Bündeln vor. Noch spärlicher treten sie in den stärkeren Aesten des Ductus hepaticus im Inneren der Leber auf. Alle diese Gänge, ebenso wie die Gallenblase, sind an ihrer Innenfläche mit einer einschichtigen Lage cylindrischer Zellen bekleidet, an deren freier Fläche eine cuticulare Verdichtungsschichte wahrnehmbar ist. Nicht selten sind auch eingestreute Becherzellen vorhanden.

Die *feineren* interlobularen Gallengänge lassen keinerlei bindegewebigen Elemente in ihrer Wandung erkennen; an ihre Stelle ist eine structurlose Membrana propria getreten. Die Zellen, welche sie auskleiden, werden mit fortschreitender Verästlung kürzer, cubisch und endlich mehr weniger platt gedrückt. Die Verbindung der feinsten interlobularen Gänge mit den Gallencapillaren erfolgt an der Peripherie der Leberinselchen durch einfache Anlagerung ihrer Zellenauskleidung an die Leberzellen.

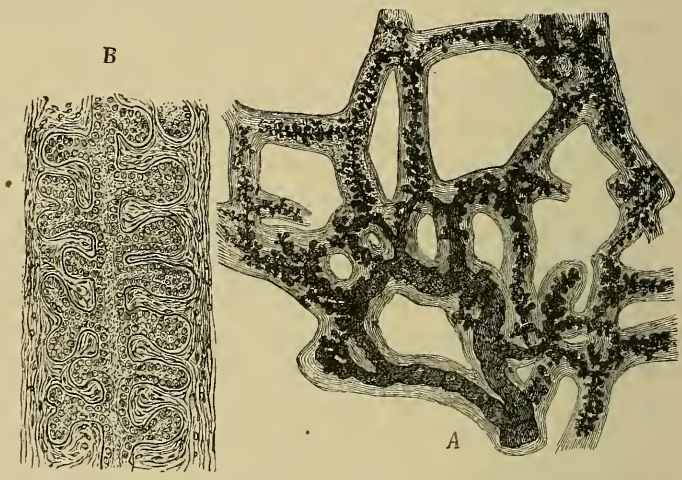
Unter dem Namen der *Vasa aberrantia* werden einzelne oder ganze Ramifikationen von Gallengängen beschrieben, welche an gewissen Stellen der Leberoberfläche, ausserhalb des Parenchymes, verlaufen. Es sind dies Stellen der Leber, an welchen es im Laufe der Zeit zu einem theilweisen Schwunde der Drüsensubstanz gekommen ist, wahrscheinlich stets in Folge von Druckwirkungen, welche von Seite benachbarter Körpertheile auf die Leber ausgeübt werden. Solche Stellen sind beim Menschen vorzüglich: der laterale Rand des linken Leberlappens, die Umgebung der Hohlader, die Lagerstätte der Gallenblase und die Pforte der Leber selbst. Es ist nachgewiesen worden (*Zuckerkandl* und *ich*), dass der linke Leberlappen, welcher sich sichtlich im Laufe des Lebens zuschärft, sehr häufig an seinem lateralen Rande eine Strecke weit sein Parenchym völlig verliert, so dass die entsprechenden Theile der Leberkapsel, welche der oberen und unteren Leberfläche angehören, sich platt an einander legen und nur eine geringe Menge von Bindegewebe, mitunter mit Resten des Leberparenchyms durchsetzt, zwischen sich fassen. Wir haben diese Bildung als *häutigen Anhang* des linken Leberlappens bezeichnet. In diesen nun laufen stets mehr oder weniger reich ramificirte Gallengänge aus, mitunter solche von beträchtlichem Kaliber (0·5—1 Mm.); allmälig aber gehen ihre Zweigchen eine eigenthümliche Veränderung ein, indem der bindegewebige Theil ihrer Wandung in dem umliegenden Bindegewebe sich verliert, die zellige Auskleidung undeutlich wird und endlich, sowie auch die Lichtung, völlig verschwindet. Die Anordnung dieser Gänge ist eine äusserst unregelmässige, da die einzelnen Zweige in den verschiedensten Krümmungen verlaufen und bald früher, bald später verschwinden.

Da sich der häutige Anhang innig an das Ligamentum triangulare sinistrum anschliesst (an der nach unten gewendeten Fläche ist indessen die Trennung stets

sehr scharf ausgeprägt), so hat man ihn bisher immer als einen Theil des letzteren angesehen, und es hatte das Vorkommen von Gallengängen in ihm etwas Räthselhaftes an sich. Es ist aber nun aufgeklärt, dass die Vasa aberrantia nur so weit reichen, als früher die Lebersubstanz gereicht hat, und dass sie in das Ligamentum triangulare selbst niemals übergreifen. Ausser den Gallengängen kommen in dem häutigen Anhang auch Ausläufer der Pfortader, Leberarterie und Lebervene und selbst Lymphgefässe der Leber vor.

Ein ganz ähnlicher Vorgang lässt sich an den anderen vorher genannten Oertlichkeiten der Leber constatiren. Besonders interessant gestaltet er sich mitunter in der Umgebung der Hohlader. Diese durchbricht nemlich beim menschlichen Embryo fast immer die Lebersubstanz derart, dass sich hinter ihr noch eine Brücke von Leberparenchym befindet. Diese schwindet später und es bleibt ein

Fig. 133.



A. Vasa aberrantia mit zahlreichen Gallengangdrüschen aus der Leberpforte des erwachsenen Menschen. Injection mit gelber, opaker Leimmasse.
Hartnack, Syst. II, Ocul. 2. (Vergrösserung 30fach.)
B. Stück eines Vas aberrans mit zahlreichen Drüschen, aus dem häutigen Anhang des linken Leberlappens isolirt; nicht injicirt, Carminfärbung.
Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2. (Vergrösserung 160fach.)

etwa 1·5—2 Ctm. breites, bindegewebiges Band zurück, welches sich mit dem Messer leicht von der Venenwand abpräpariren lässt. Es besitzt dieselbe Bedeutung, wie der häutige Anhang, und zeigt nach vorausgegangener Injection stets reichlich entwickelte Vasa aberrantia. Eine ähnliche Brücke von Lebersubstanz überspannt sehr häufig beim Kinde das vordere Segment der Fossa longitudinalis sinistra. Ihr Schwund gibt gleichfalls zur Entstehung eines häutigen Bandes mit eingelagerten Vasa aberrantia Veranlassung. In der Furche für die Gallenblase, sowie in der für die Hohlvene ist häufig eine oberflächliche Schichte von Lebersubstanz geschwunden, so dass auf längere Strecken hin gröbere Gallengänge als Vasa aberrantia frei zu Tage treten. Zu einer ganz eigenthümlichen Formation geben sie in der Tiefe der Leberpforte Veranlassung (siehe unten).

Die Gallengangdrüsen. Die Hauptstämme, sowie die grösseren Aeste und Zweige der Gallengänge enthalten in ihren Wandungen

drüsige Einlagerungen, welche sich als kurze, einfache Schläuche oder als kleine, gestielte Bläschen präsentiren. Sie nehmen die inneren Schichten der bindegewebigen Wandung der Gallengefässe ein und sind meist sehr dicht an einander gerückt (Fig. 133 B). Beim Menschen erscheinen sie stets zu einer doppelten Reihe geordnet, so dass ein aufgeschnittener Gallengang ihre Mündungen als regelmässig an einander gereihte Pünktchen erkennen lässt. Sie fehlen auch in den stärkeren Zweigchen der Vasa aberrantia nicht, ja sie können an denselben (bes. im häutigen Anhange) mitunter viel vortheilhafter beobachtet werden, als an irgend einer anderen Stelle (Fig. 133 B).

Sehr zahlreich sind sie stets in Verbindung mit Vasa aberrantia bei erwachsenen Personen in der Pforte der Leber zu treffen. Man findet daselbst, zwischen den ersten Astbildungen des Ductus hepaticus ausgebreitet und in eine besondere bindegewebige Membran eingebettet, dünne, vielfach aber regelmässig ramificirte Röhrchen, welche durch reichliche Anastomosen ein verschieden gestaltetes Netzwerk bilden. Die starken Wandungen derselben sind sehr reichlich mit kleinen Drüschen besetzt, welche den früher beschriebenen vollkommen gleichen. Dieses ganze Netzwerk lässt sich leicht von dem Ductus hepaticus aus mit Injectionsmasse erfüllen (Fig. 133 A). Nach meinen Erfahrungen muss ich die Röhrchen des Netzwerkes für Vasa aberrantia erklären, welche eben, wie anderwärts, zahlreiche Drüschen in ihren Wandungen führen. Diese Ansicht wird dadurch begründet, dass das ganze Netzwerk in einer bindegewebigen Membran eingeschlossen ist, dass es niemals bei neugeborenen Kindern vorkommt, sondern erst mit dem fortschreitenden Wachsthum sich ausbildet und endlich dadurch, dass einzelne Zweigchen desselben in das Leberparenchym eindringen, um sich dort wie gewöhnliche Gallengänge weiter zu ramificiren, während andere in der bindegewebigen Grundlage ebenso sich verlieren, wie dies oben für die Vasa aberrantia des häutigen Anhanges beschrieben worden ist. Die Veranlassung zu einem allmäligen Schwunde der Lebersubstanz kann an dieser Stelle in einer Druckwirkung von Seite der Pfortaderäste gelegen sein.

In Betreff der Bedeutung der Gallengangdrüsen, welche Gegenstand der verschiedensten Vermuthungen gewesen ist, möchte ich keinen Augenblick anstehen, sie ihrem Bau nach den gewöhnlichen Schleimdrüschen an die Seite zu stellen.

Es ist nun der *bindegewebigen Formationen*, welche sich an dem Aufbau der Leber betheiligen, zu gedenken. Die *Leberkapsel* ist nach Art der fibrösen Membranen gebaut, an verschiedenen Stellen von verschiedener Dicke. Der Peritonealüberzug lässt sich nur theilweise als ein besonderes Stratum darstellen. Die reichen, netzartigen Verzweigungen der Arteria hepatica, sowie die dichten Lymphgefässplexus,

welche sie enthält, verleihen ihr ein eigenthümliches Gepräge. Von ihrer inneren Oberfläche schickt die Leberkapsel zahlreiche, zarte Fortsätze in das Leberparenchym, welche sich mit dem *interlobularen* Bindegewebe vereinigen. Dieses letztere ist abzuleiten aus den bindegewebigen Scheiden (*Capsula Glissonii*), welche die Ramifikationen der Blut- und Gallengefässe von der Leberpforte aus überall hin begleiten und sich in der bereits oben angedeuteten Weise zwischen den Leberinselchen ausbreiten.

Aber auch in das Innere der Leberinselchen hinein lassen sich bindegewebige Elemente (*intralobulares Bindegewebe*) verfolgen; es sind dies äusserst feine, blasse, häufig verzweigte Fäserchen, welche sich zum Theil an die Wandungen der radiären Capillaren anschliessen, zum Theil aber auch über die Maschenräume derselben hingespannt sind. Ueber die eigentliche Natur dieser Fäserchen ist man noch nicht recht im Klaren, und da sie sich je nach der Präparationsmethode mit verschiedenem Aussehen präsentiren, so sind die Anschauungen darüber sehr getheilt. Von den meisten Autoren werden sie für eine Art reticulärer Bindesubstanz gehalten, von Anderen für collagene Bindegewebsfibrillen; *Peszke* schreibt ihnen die Eigenschaften der elastischen Substanz zu und stellt sie den von *Gerlach* in der Neuroglia beschriebenen Formelementen zur Seite.

Um sie sichtbar zu machen, genügt es mitunter, feine Durchschnitte von in Chromsäure gehärteten Lebern durch Schütteln oder Pinseln von den Leberzellen zu befreien. *Peszke* empfiehlt eine mehrtägige Maceration frischer Leberstückchen in concentrirter Weinsäure und nachheriges Auswaschen mit Wasser. *Fleischl* hat durch complicirtere Methoden, namentlich mit Zuhülfenahme des Palladiumchlorids und der Ueberosmiumsäure, ein sehr dichtes Netzwerk von feinsten Bindegewebsfäserchen dargestellt, welches allerorts die Leberzellen umstrickt und besonders reichlich mit der Centralvene in Verbindung steht. Das letztere wurde auch durch *Kühne* und *Ewald* mit Hülfe der Trypsinverdauung bestätiget.

Ausser diesen faserigen Elementen sind mehrfach sternförmige oder spindelförmige, kernhaltige Zellen zwischen den eigentlichen Leberzellen gesehen worden, welche zum Bindegewebe in Beziehung gebracht worden sind, ohne dass über ihre Vertheilung oder über ihr Verhältniss zu den faserigen Elementen Näheres bekannt geworden wäre. *C. Kupffer*, welcher auch die Angaben *Fleischl's* über das Verhalten der faserigen, intralobularen Bindegewebsnetze bestätigen konnte, hat schon vor einiger Zeit zackige und sternförmige Zellen beschrieben, welche ziemlich reichlich im Bereiche der Leberinselchen vertheilt sind und sich vornehmlich den radiären Capillaren anschliessen. Sie sind besonders ausgezeichnet durch die Eigenschaft, sich nach Impregnation des Lebergewebes mit Chlorgold intensiv schwarz zu färben. *Kupffer* ist nicht geneigt, sie dem Bindegewebe zuzurechnen und betrachtet die Frage nach ihrer Natur und Bedeutung als eine offene.

Die Lymphgefässe der Leber. Die Leberlymphe hat nach verschiedenen Richtungen hin Abflusswege aus dem Organe. Einerseits findet man in dem Ligamentum hepato-duodenale eine grössere Zahl ansehnlicher Stämmchen, welche, aus der Leberpforte ausgetreten, hie und da durch Anastomosen in Verbindung stehen und zu den dort eingelagerten Lymphknoten hinziehen. Andererseits aber ist die ganze Leberkapsel von einem reichen, engmaschigen Lymphgefässnetze durchsetzt, dessen abführende Stämmchen gegen die verschiedenen Duplicaturen des Bauchfelles (Ligamentum suspensorium, triangulare, hepato-renale) zulaufen, um innerhalb derselben ihren Weg weiter fortzusetzen. Alle diese oberflächlichen Lymphgefässe nehmen die Lymphbahnen in sich auf, welche im Inneren des Organes in den Gefässscheiden und in dem interlobularen Bindegewebe in grosser Zahl vorkommen. Es sind dies netzartig geordnete, weite, capillare Röhrchen, welche insbesondere die Zweige der Pfortader und Leberarterie umspinnen.

Nahe der Oberfläche der Leber gehen sie direkt in das Lymphgefässnetz der Kapsel über, in der Tiefe aber sammeln sie sich neben den grösseren Arterien- und Pfortaderästchen zu einzelnen Stämmchen, welche ihren Verlauf gegen die Leberpforte zu nehmen. Ob die Lymphbahnen mit ihren Wurzeln in die Leberinselchen hinein sich erstrecken, scheint bis jetzt noch sehr zweifelhaft. Was von den perivasculären Räumen, welche zuerst *Mac Gillavry* und später noch andere Autoren angenommen haben, zu halten ist, wurde bereits (S. 358) erörtert. *A. Budge* beschreibt auch Lymphgefässnetze in den Wandungen der kleinen Lebervenen, welche durch die interlobularen Lymphgefässe ihren Abfluss gegen die Leberpforte oder gegen die Leberkapsel finden.

Erwähnung verdient noch eine äusserst interessante, durch *v. Wittich* entdeckte Thatsache. Man kann nämlich an Kaninchen, welche durch Verblutung getödtet worden sind, durch Injection einer concentrirten Lösung von Indigcarmin in die Luftröhre, während man zugleich durch geeigneten Druck die Athembewegung nachahmt, neben anderen Lymphgefässbezirken, auch die Lymphbahnen der Leber injicirt erhalten. *v. Wittich* fand an solchen Lebern nebst dem beschriebenen Lymphgefässnetze in der Umgebung der Pfortader auch ein solches um die Lebervenenstämme herum ausgebreitet, und von diesen interlobularen Netzen aus feine Ausläufer in die Leberinselchen hineindringen, welche dort zwischen den radiären Capillaren und den Leberzellen eingeschaltet sind.

Die *Nerven der Leber* begleiten vor ihrem Eintritt in das Organ die Arteria hepatica und deren Aeste und sind vorwiegend aus *Remak'schen* Fasern mit einzelnen schmalen, markhaltigen Fasern zusammengesetzt. In ihrem Verlaufe finden sich, insbesondere an den Astwinkeln, einzelne

oder Gruppen von Ganglienzellen. Ihre Ausbreitung im Inneren der Leber geht parallel den Zweigen der Leberarterie. Es ist höchst wahrscheinlich, dass sie mit den Leberzellen selbst nirgends in Zusammenhang stehen, überhaupt nicht in die Leberinselchen hinein gelangen. Gegentheilige Angaben, wie die von *Pflüger*, sind vielseitig schon widerlegt worden. Auch eine neuere Mittheilung *Nesterowsky's*, nach welcher feine Nervenfasernetze die Blutgefässcapillaren umstricken sollen, ohne mit den Leberzellen selbst in Contact zu treten, hat bereits von Seite *Kupffer's* Widerspruch erfahren.

Bauchfell und Gekröse.

Das Bauchfell (*Peritoneum*) ist eine bindegewebige Membran, welche an ihrer freien Fläche allenthalben mit einem Ueberzug aus platten, polygonalen Epithelzellen bedeckt ist und mit den Gebilden, denen sie aufliegt, mehr oder weniger fest durch Bindegewebe in Zusammenhang steht. Die Bauverhältnisse sind in dem parietalen und in dem visceralen Antheile, dem Wesentlichen nach, dieselben, jedoch erscheint der letztere an vielen Stellen stark verdünnt, oder mit dem eigenen, fibrösen Ueberzug der Organe untrennbar verschmolzen.

Die Fügung des Bindegewebes in dem Bauchfelle selbst ist eine ziemlich feste, die Fibrillenbündel, theils sehr fein, theils auch stärker, laufen in den verschiedensten Richtungen durcheinander, der überwiegenden Mehrzahl nach aber der Oberfläche parallel.

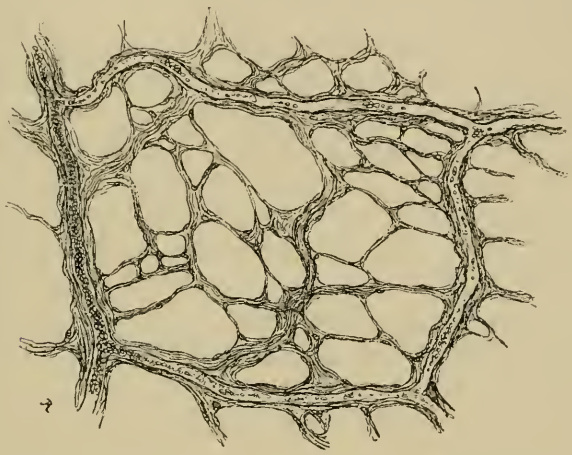
In dem Bauchfellüberzuge der Gekröse verlaufen sie der Mehrzahl nach in der Richtung von der Wurzel gegen den Darmansatz. Das Bindegewebe ist im Allgemeinen zu zwei, jedoch nicht ganz scharf gesonderten Lagen geordnet, von welchen die oberflächliche durch Spärlichkeit und Feinheit der beigemengten elastischen Fasern, die tiefere durch reichliche Entwicklung der elastischen Elemente sich auszeichnet.

Bizzozero hat als oberflächlichste, unmittelbar unter dem Epithel gelegene Schichte eine *Membrana limitans*, d. i. ein dünnes, für sich isolirbares Häutchen von feinkörniger oder feinfaseriger Structur beschrieben. Nach meinen Erfahrungen kommt eine derartige Bildung nur an besonders dünnen Stellen des Bauchfelles vor, und vertritt dann die Stelle der oberflächlichen Bindegewebsschichte. Das Epithel (vgl. S. 58) besteht aus einer einschichtigen Lage platter, ziemlich regelmässig sechsseitiger Zellen, deren jede an der Stelle, wo der Kern eingelagert ist, eine leichte Vorwölbung besitzt. Durch Behandlung mit Silbersalpeter können sie in ihrer Lage leicht sichtbar gemacht werden.

Die Verbindung des Bauchfelles mit seiner Unterlage wird durch das *subseröse* Bindegewebe vermittelt. Dasselbe zeigt, sowohl nach

Mächtigkeit, als nach Fügung an verschiedenen Stellen die mannigfachsten Differenzen. Wo das Bauchfell in grossem Umfang verschiebbar ist, erscheint das subseröse Gewebe reichlich entwickelt, aus derben, locker gewebten Bindegewebsbündeln und reichlichen, mitunter sehr starken, elastischen Fasern hergestellt und von Fettgewebsläppchen und vereinzelnten Fettzellen in verschiedenem Maasse durchsetzt. An anderen Stellen ist die Subserosa dünn und zart, die elastischen Fasern in sehr geringer Zahl vertreten. Wo das Bauchfell sehr fest an seiner Unterlage haftet, wie an dem Darm, an der Leber u. s. w., kann eine subseröse Schichte nicht mehr deutlich nachgewiesen werden.

Fig. 134.



Maschenförmige Anordnung des Bindegewebes in dem grossen Netze des Menschen. Frisch mit Kochsalzlösung 0·75proz. (Hartnack, Obj. IV, Ocul. 2.)

Das *Darmgekröse* besitzt als Grundlage eine besondere Bindegewebsmembran (*Membrana mesenterii propria*), welche die Ramifikationen der Blutgefässe, die Lymphgefässe und die Nerven des Darmes, sowie die Lymphknoten enthält. In ihr hat auch das Fettgewebe des Gekröses seinen Sitz. Diese Membran ist bei den *freien* Gekrösen jederseits von einem peritonealen Ueberzug bedeckt, welcher an dieselbe durch ein sehr zartes, lockeres subseröses Bindegewebe angeheftet ist. Bei den *fixirten* Gekrösen (Mesocolon ascendens und descendens) ist die Membrana mesenterii propria ebenfalls vorhanden, jedoch ist ein typischer peritonealer Ueberzug nur an der dem Bauchraum zugewendeten, freien Seite des Gekröses nachweisbar. An dem Gekröse des Duodenum ist beim Menschen in frühen embryonalen Stadien, solange es noch völlig frei ist, jederseits von der Membrana mesenterii eine peritoneale Deckschichte vorhanden. Sie verschwindet

als solche, sobald das Gekröse fixirt und an seiner Vorderfläche von dem Mesocolon ascendens überlagert wird.

Einen eigenthümlichen Bau zeigt das grosse Netz und der mittlere Theil des kleinen Netzes. Hier ist das Bindegewebe zu zahlreichen, breiteren und schmäleren Strängen geordnet, welche sich vielfach verzweigen und durch reichliche gegenseitige Verbindungen ein Gitterwerk mit rundlichen oder polygonalen Lücken herstellen; die Bindegewebsstränge sind ringsum mit Endothelzellen bekleidet. Diese netzartige Anordnung fehlt nur in der Nähe der Anheftungsstellen und in der nächsten Nachbarschaft der grösseren Gefässramifikationen, wo der gewöhnliche Bau der Gekröse hervortritt, und bei wohlgenährten Individuen reichliche Fettgewebszüge sich ausbreiten.

Die *Blutgefässe* bezieht das Bauchfell aus den Gebilden, welche es überkleidet. Die capillare Ausbreitung derselben findet sich in Gestalt weitmaschiger Netze in den oberflächlichsten Schichten.

Die *Lymphgefässe* gehören theils den oberflächlichen, theils den tiefen Schichten des Bauchfelles an, und entfalten sich namentlich in einigen Bezirken zu wohl ausgeprägten, für beide Schichten mehr oder weniger gesonderten Netzen. In Betreff des direkten Zusammenhanges des Peritonealraumes mit dem Lymphgefässsystem vergleiche Seite 359.

Ueber das Verhalten der spärlichen *Nerven*, welche sich im Bauchfelle selbst verbreiten, ist nichts Näheres bekannt. Völlig räthselhaft ist noch das Vorkommen *Pacini'scher* Körperchen (vergl. S. 325).

VI. Kapitel.

Der Athmungs-Apparat.

1) Der Kehlkopf.

Seine *Schleimhaut* ist bezüglich ihres bindegewebigen Theiles von anderen Schleimhäuten vorzüglich durch einen grossen Reichthum an feinen, elastischen Fasernetzen ausgezeichnet, welche sowohl die Tunica propria als die Submucosa durchziehen. Die letztere ist an einzelnen Stellen, so am Kehlkopfeingang, im Bereiche der Aryknorpel, in den *Morgagni'schen* Taschen, ziemlich locker gewebt, an den anderen Orten aber straffer, und entweder unmittelbar mit dem Perichondrium verschmolzen, oder unter Aufnahme starker, elastischer Faserzüge zu mehr weniger selbständigen Formationen gestaltet (Ligamentum coni-

cum, die wahren Stimmbänder). In den *Morgagni'schen* Taschen, sowie in den sogen. falschen Stimmbändern, findet man öfters zahlreiche Lymphkörperchen in der Submucosa eingelagert; in seltenen Fällen kommt es beim Menschen zur Entwicklung von umfangreicheren, lymphoiden Formationen, was hingegen beim Hunde (*Boldyrew*) ein häufiger Befund ist.

Die Oberfläche der Schleimhaut ist im Allgemeinen glatt und frei von Papillen, nur im Bereiche der wahren Stimmbänder und an einem schmalen Streifen der vorderen Fläche der Aryknorpel sind solche in nicht unbeträchtlicher Anzahl vorhanden und gleichen in Bezug auf Gestalt und Grösse denen des Pharynx. Die Grenzschichte der Schleimhaut gegen das Epithel zu zeigt sich an Querdurchschnitten als ein glasheller Saum, welchem entsprechend ich am Pferdekehlkopf durch Behandlung mit Natronlauge eine Basement-Membran isoliren konnte. Beim Menschen scheint dies nicht zu gelingen.

Das Epithel ist im Allgemeinen ein geschichtetes, flimmerndes Cylinderepithel; an bestimmten Stellen wird es jedoch durch geschichtetes Pflasterepithel ersetzt, welchem die Flimmerhaare fehlen. Solche Stellen sind: die mediale Fläche der Aryknorpel und ein schmaler Streifen an der vorderen Seite derselben, der freie Rand der falschen Stimmbänder und die wahren Stimmbänder; an der hinteren Fläche der Epiglottis tritt das geschichtete Pflasterepithel in der Nähe der Ränder auf und erscheint überdies in unbeständigen, grösseren oder kleineren Inseln auch gegen die Mitte hin. Bemerkenswerth ist ausserdem das bereits erwähnte Vorkommen von Geschmacksknospen (S. 426) in dem Epithel der hinteren Fläche des Kehldeckels. Nach *Davis* finden sich dieselben an allen den Stellen der Kehlkopfschleimhaut, welche mit geschichtetem Pflasterepithel versehen sind, mit Ausnahme der Stimmbänder. Im Bereiche des flimmernden Epithels kommen sie nur ganz ausnahmsweise vor. In dem submucösen Bindegewebe sind kleine, traubenförmige *Schleimdrüschen* eingelagert, von denen grössere Anhäufungen in der Gegend der Aryknorpel und in den *Morgagni'schen* Taschen vorkommen. An der hinteren Fläche des Kehldeckels sind sie zum Theil in grubigen Vertiefungen des Knorpels aufgenommen.

Von dem Skelet des Kehlkopfes besitzen der Schildknorpel und der Ringknorpel, sowie die Corpuscula triticea der Membrana thyreohyoidea, durchaus hyaline Grundsubstanz; der Kehldeckel hingegen, sowie die *Santorini'schen* und die *Wrisberg'schen* Knorpel gehören in die Reihe der elastischen Knorpel; die Aryknorpel sind zwar in ihrem grössten Theile hyalin, ihre Spitze aber und der Processus vocalis führen ziemlich reichliche elastische Fasernetze in ihrer Grundsubstanz.

Die *Blutgefässe* des Kehlkopfes mögen nur soweit Erwähnung finden, als sie der Schleimhaut angehören. In derselben sind sie zu drei, der Tiefe nach wohl geschiedenen, netzförmigen Ausbreitungen geordnet. In die tiefste Schichte fällt die Verzweigung der stärkeren Stämmchen, welche durch gegenseitige Anastomosen ein eckiges Maschenwerk formen. Die mittlere Schichte, welche durch schief aufsteigende Zweigchen aus der tiefen Schichte gespeist wird, besteht aus einem engmaschigeren Netzwerk feiner Röhrchen, dessen Maschen im Allgemeinen rundlich, in dem Bereiche der wahren Stimmbänder aber in die Länge gestreckt sind. In beiden Netzen verlaufen Venen- und Arterienzweige parallel. Aus dem mittleren Gefässnetze ziehen zahlreiche feine Zweigchen nach der Oberfläche, um sich unmittelbar unter der hyalinen Grenzschichte in ein dichtes Capillarnetz aufzulösen. Dasselbe sendet an den mit Papillen versehenen Schleimhautstellen steil verlaufende Schlingen in diese hinein, an den anderen Bezirken ist es völlig flach ausgebreitet. An der hinteren Fläche des Kehldeckels ist die Gefässvertheilung insoweit abweichend, als das mittlere Gefässnetz fehlt.

Die *Lymphgefässe* der Kehlkopfschleimhaut sind zu zwei, nicht sehr scharf getrennten Netzen geordnet, von denen das tiefere aus weiten, das oberflächlichere aus engeren Röhrchen geformt wird. Das letztere liegt unter dem oberflächlichen Blutcapillarnetz.

Die *Nerven* des Kehlkopfes sind besonders ausgezeichnet durch ziemlich reichliche Einlagerung von Ganglienzellen im Bereiche ihrer feineren Verästlung. Die markhaltigen Fasern derselben bilden in der Schleimhaut selbst unter häufigen, doppelten, selbst dreifachen Theilungen ein reichhaltiges Flechtwerk. Ihre letzten Endigungen sind noch nicht sicher bekannt. Ein Theil derselben steht ohne Zweifel in Verbindung mit den Geschmacksknospen des Kehldeckels; ausserdem sind an der hinteren Fläche des letzteren kugelige Endkolben nachgewiesen worden (*Lindemann*).

2) Die Luftröhre.

Ihre Schleimhaut ist von ähnlicher Beschaffenheit, wie die des Kehlkopfes; die elastische Substanz gelangt in ihr zu noch stärkerer Entwicklung und tritt namentlich in der Tunica propria in Form eines dichten Fasernetzes mit vorwiegend longitudinaler Richtung der Fasern auf. Nur ganz nahe der Oberfläche sind die elastischen Elemente spärlicher; hier ist das Bindegewebe äusserst feinfaserig und reich an eingelagerten rundlichen (lymphoiden) Zellen. Der Abschluss gegen das Epithel geschieht durch eine helle Grenzschichte, welche jedoch

nicht als selbständige Membran isolirbar ist. Die Submucosa ist kaum deutlich von der Schleimhaut geschieden und geht nach Aussen, ebenso ohne scharfe Grenzen, in die straffe Faserhaut über, welche mit den Knorpelringen zusammen das eigentliche Gerüst der Luftröhre bildet. Die Knorpel sind durchaus hyalin, ihr Perichondrium verschmilzt untrennbar mit der erwähnten Faserhaut. An der hinteren, knorpelfreien Wand der Luftröhre sind unmittelbar unter der Schleimhaut zahlreiche, querverlaufende Bündel glatter Muskelfasern eingelagert, welche mit elastischen Sehnen zum Theile am hinteren Segmente der Knorpelringe, und zwar an dem Perichondrium ihrer inneren Oberfläche, sich ansetzen, entsprechend den Knorpelinterstitien aber in der Faserhaut endigen. An der äusseren Oberfläche löst sich das Gewebe der letzteren zu einem lockeren Interstitialgewebe auf, mittelst dessen die Luftröhre an die Gebilde der Nachbarschaft angeheftet ist. An der Grenze gegen die Speiseröhre enthält dasselbe sehr reichliche elastische Elemente in Gestalt von derben Fasernetzen und elastischen Platten und ausserdem spärliche, längslaufende Bündel glatter Muskelfasern.

Die innere Oberfläche der Luftröhre ist mit geschichtetem, flimmerndem Cylinderepithel bedeckt (vergl. S. 392), in welchem regelmässig auch Becherzellen eingestreut sind. Die Richtung der Flimmerbewegung geht hier, sowie im Kehlkopf, nach der Rachenhöhle hin.

Traubige Schleimdrüschen sind im ganzen Bereiche der Luftröhre vorhanden, am reichlichsten an ihrer hinteren Wand, wo sie sich zwischen die queren Muskelbündel und noch hinter dieselben hin erstrecken. Ihre Ausführungsgänge durchbohren meist in schiefer Richtung die Schleimhaut und zeigen die Eigenthümlichkeit, dass die sie bekleidenden Zellen noch eine Strecke weit mit Flimmerhaaren besetzt sind.

In Betreff der Ausbreitung der *Blutgefässe, Lymphgefässe* und *Nerven* in der Schleimhaut der Luftröhre gilt genau dasselbe, was für den Kehlkopf angegeben worden ist.

3) Die Lungen.

An der Lunge des Menschen und der Säugethiere kann man eine grosse Anzahl mehr oder weniger deutlich abgegrenzter, kleiner Bezirke unterscheiden, welche man im Gegensatze zu den grossen Lungenlappen als *Lungenläppchen* bezeichnet. Am besten treten sie bei Embryonen und neugeborenen Kindern hervor, weil sie zu dieser Zeit von einem relativ sehr reichlichen Zwischenbindegewebe umgeben sind. Ihrer Gestalt nach gleichen sie da so ziemlich einem Kegel, an dessen Spitze ein Bronchialzweigchen eintritt und dessen Basis in den peripheren

Parthieen der Lunge der Pleura zugewendet ist. Mit zunehmendem Wachsthum verwischen sich die Grenzen zwischen den Läppchen mehr und mehr, so dass sie an erwachsenen Individuen mitunter kaum mehr demonstrirt werden können. In den meisten Fällen jedoch wird es noch dadurch ermöglicht, dass in dem Zwischengewebe der Läppchen Pigmentanhäufungen *) stattgefunden haben, durch welche dann ihre Grenzen markirt werden.

Die in die Lungen eintretenden Bronchialäste zerfallen zunächst durch gabelige Theilungen in mehrere Zweige, welche divergirend nach verschiedenen Bezirken der einzelnen Lungenlappen hinziehen. Von diesen Zweigen gehen in ziemlich regelmässigen Intervallen unter spitzen Winkeln Nebenzweige ab, welche sich in derselben Weise weiter ramificiren. Alle diese Zweige, bis herab auf etwa einen Durchmesser von 1 Mm., werden nach ihren Lagebeziehungen zu den Lungenläppchen *interlobulare Bronchien* genannt. Aus ihnen gehen weiterhin die *lobulären Bronchien* (*Bronchioli*) hervor, von welchen ein jeder in ein Lungenläppchen eintritt und sich innerhalb desselben noch mehrfach verzweigt.

Innerhalb der Lungenläppchen ergibt sich folgendes Verhalten der luftführenden Räume: Der lobulare Bronchus zerspaltet sich nach seinem Eintritt noch mehrmals unter fast rechtem Winkel, und aus den so entstandenen kleineren Bronchiolen gehen die *terminalen Lufträume* hervor. Diese treten nicht, wie die Bronchialzweige, als einfache, drehrunde Kanälchen auf, sondern es besitzen ihre äusserst zarten Wände zahlreiche, halbkugelförmige Ausbuchtungen, welche als *Alveolen* (*Lungenbläschen*) bezeichnet werden. In einem jeden Läppchen bestehen die terminalen Lufträume aus einem System von verzweigten Gängen (*Alveolengänge, F. E. Schulze*), deren letzte Ausläufer mit einer kolbigen oder birnförmigen Auftreibung, dem sog. *Infundibulum* (besser vielleicht: *Endsäckchen*) abgeschlossen sind.

Die Alveolengänge zeigen noch im Allgemeinen eine cylindrische Gestalt; die ihnen aufsitzenden Alveolen reihen sich, wie ich mindestens

---

*) Das feinkörnige, schwarze Pigment, welches man in verschieden grosser Menge in der menschlichen Lunge findet, besteht einerseits aus wahren Melaninkörnchen, wie sie auch sonst in manchen Geweben sich finden, andererseits aber auch aus feinsten Kohlenpartikelchen, welche offenbar dem Staub der Atmosphäre entstammen. Die letzteren zeichnen sich durch eine eckige, zackige Gestalt aus. Bei Kohlenarbeitern, auch bei Thieren, welche man in einer mit Kohlenstaub geschwängerten Atmosphäre aufbewahrt hatte, fand man ganz ausserordentliche Massen von diesen Partikelchen angesammelt, und dadurch die Lungen völlig schwarz gefärbt (*Anthrakosis*). Die Ablagerungsstätten des Pigmentes sind ausser dem interstitiellen Bindegewebe auch noch die Wandungen der Alveolen, besonders die körnigen Epithelzellen derselben. Ganz gewöhnlich häuft es sich auch in den Bronchial-Lymphknoten an.

beim Menschen, im jugendlichen Zustande finde, nicht eine der anderen unmittelbar an, sondern sind mehr oder weniger zerstreut (Fig. 135 B.). Die Verästigung der Alveolengänge erfolgt unter fast rechten Winkeln und zwar so, dass dabei der Durchmesser derselben nicht erheblich abnimmt. Der Uebergang ihrer Endausläufer in die Endsäckchen erfolgt ohne scharfe Grenze; die Alveolen häufen sich und kommen bald ganz dicht neben einander zu stehen, so dass die Wandung eines Endsäckchens eigentlich nur aus den Wandungen einer Anzahl eng an einander gereihter Alveolen zusammengesetzt wird. Es mögen von den letzteren etwa 10 bis 20 und mehr zur Bildung eines Endsäckchens beitragen.

Fig. 135.

Corrosionspräparate aus der Lunge eines 11jährigen Knaben.
A. Die letzte Verästigung eines interlobularen Bronchus (i), l. lobulare Bronchien.
B. Alveolengang (a) und Endsäckchen (e). (Hartnack, Objectiv II, Ocul. 2.)

Nun ist hervorzuheben, dass die Gestaltung und die Dimensionen der terminalen Lufträume ganz ausserordentlichen Schwankungen unterliegen, je nach ihrem jeweiligen Gehalt an Luft oder, je nachdem sie behufs der Untersuchung mehr oder weniger durch andere Substanzen erfüllt worden waren. Erhärtet man z. B. eine Lunge ohne Weiteres in Weingeist, so ist sie nach einiger Zeit völlig zusammengezogen und enthält nur geringe Reste von Luft in ihrem Inneren; die Wandungen der terminalen Lufträume liegen fast flach an einander, so dass die Orientirung an Schnittpräparaten äusserst erschwert ist. Man pflegt daher gewöhnlich die Lungen in etwas ausgedehntem Zustande in die Erhärtungsflüssigkeit zu bringen, indem man vorher Luft, oder besser Alkohol oder farblosen Leim, durch den Bronchus eingespritzt und den letzteren unterbunden hat. Zweckmässig geführte Durchschnitte (senkrecht und parallel zur Oberfläche) geben so, besonders von Kinderlungen, mitunter sehr übersichtliche Bilder. Am besten aber lässt sich die Vertheilung und Anordnung der terminalen Luftwege an Corrosionspräparaten überblicken, und wer in der Lage ist, sich solche anfertigen zu können, möge es nicht versäumen. Man injicirt zu dem Ende, nachdem die Luft so gut als möglich

entfernt worden ist, eine starre, consistente Wachsmasse*) durch den Bronchus bis zu einer möglichst gleichmässigen Erfüllung der Lunge und bringt dieselbe nach dem Erkalten der Masse in concentrirte Salzsäure. Dort bleibt sie so lange liegen, bis sich das erweichte Gewebe durch einen schwachen Wasserstrahl aus einer Spritzflasche vollständig entfernen lässt und der reine Abguss der Luftwege zurückbleibt. Kleine Parthieen davon werden nun ausgewählt und bei auffallendem Lichte mit 15—30facher Vergrösserung untersucht. Ein solches Präparat ist in Fig. 135 dargestellt.

Mit Bezug auf den *feineren Bau* der Bronchialverzweigungen ist folgendes zu bemerken. Der Bronchus selbst und seine nächsten Aeste zeigen keine wesentlichen Abweichungen von dem Bau der Luftröhre. Mit der fortschreitenden Verästlung derselben nehmen die einzelnen Wandbestandtheile allmälig an Stärke ab, erfahren aber auch gewisse Modifikationen, welche zuerst in der Vertheilung und Gestaltung der eingelagerten Knorpel und in der Anordnung der Muskulatur sich bemerklich machen.

Die *Knorpel* treten nur in den ersten Aesten des Bronchus in Form von Halbringen auf, in den weiteren Verzweigungen erscheinen sie in kurzen Intervallen als rundliche oder winkelige Plättchen, welche in dem ganzen Umfang der Röhrenwand zerstreut eingelagert sind. Ihre Grösse nimmt, sowie ihre Dicke, allmälig ab, bis sie in Bronchialzweigen, deren Durchmesser etwa 1 Mm. beträgt, gänzlich verschwinden.

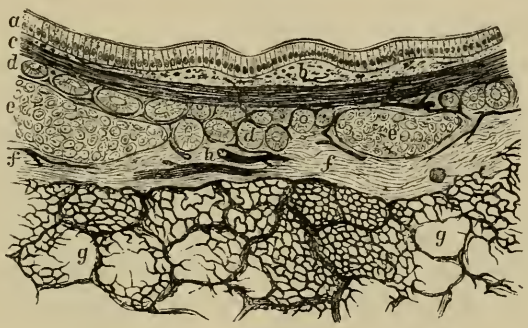
Die *Muskulatur*, ausschliesslich aus glatten Elementen bestehend, ist bei manchen Thieren, z. B. bei der Katze (Fig. 136) zu einer geschlossenen, ringförmigen Lage entwickelt, deren ziemlich starke Bündel ab und zu gegenseitig ihre Fasern austauschen, mitunter sogar netzartig in einander verflochten sind. Beim Menschen wird die Wandung der Bronchien ebenfalls in ihrem ganzen Umfang von glatten Muskelfasern durchzogen. Sie liegen am Grunde der Tunica propria der Schleimhaut und bilden eine zusammenhängende, wenn auch nicht völlig geschlossene Lage. Ihre Anordnung ist, wie man am besten an Flächenbildern, d. h. an aufgeschnittenen und flach ausgebreiteten Bronchialzweigen erkennen kann, eine gitterförmige; die Fasern sind zu platten Bündeln geordnet, welche im Allgemeinen eine annähernd quere Verlaufsrichtung einhalten und netzartig unter einander zusammenhängen. Zwischen ihnen bleiben spitzwinklige, der Quere nach gestreckte

*) Eine solche Masse bereitet man sich am einfachsten durch Zusammenschmelzen gleicher Theile von weissem Wachs und reinem Colophonium. Man gibt dann noch etwas Mastixfirniss zu und färbt ziemlich intensiv mit Zinnober oder Chromgelb, wozu man am besten die käuflichen Kapselfarben verwendet. Um die Lunge möglichst luftleer zu erhalten, lässt man sie durch 24 Stunden in einer Schale, von mehrfachen feuchten Lappen bedeckt, liegen. Die Injection muss dann unter warmem Wasser, bei möglichst geringem Druck mittelst einer Spritze vorgenommen werden.

Lücken ausgespart. An Querdurchschnitten der Bronchialzweige findet man daher die Muskellage stellenweise unterbrochen, und die Bündel der Muskelfasern häufig nicht in der reinen Längenansicht, sondern in mehr oder weniger schiefen Durchschnitten. In den kleinsten interlobularen Bronchien sind die Muskelbündel nur mehr sehr dünn, aus einigen wenigen Fasern bestehend und noch weiter auseinander gerückt; sie umgreifen jedoch noch immer den ganzen Umfang des Rohres.

Die *Schleimhaut* der interlobularen Bronchialzweige ist im Verhältniss zur Gesammtwandung sehr dünn und erscheint in dem Falle, als diese nicht durch Injectionsmassen ausgedehnt erhalten worden ist, stets ins Längsfalten gelegt, welche um so steiler und um so höher

Fig. 136.



Querdurchschnitt durch einen Bronchialast aus der Lunge der Katze.

a. Epithel, b. Schleimhautschichte, c. Muskulatur, d. Schleimdrüschen, e. Knorpelplättchen, f. äussere Faserhaut, g. die anstossenden Lungenalveolen, in verschiedener Weise von dem Schnitte getroffen, mit injicirtem Capillarsystem, h. Grössere Bronchialgefässe. (Im Präparat waren die Arteriae bronchiales mit blauer, die Verzweigungen der Arteria pulmonalis mit rother Masse injicirt.) (Hartnack, Objectiv V, Ocul. 2.)

vortreten, je mehr der Durchmesser der Röhrchen abnimmt. Ihr bindegewebiger Antheil ist durchwegs sehr reichlich mit elastischen Fasernetzen durchsetzt, welche im Allgemeinen der Länge nach gestreckt sind. In den grösseren Luftröhrenästen enthält er ausserdem eine grosse Anzahl zerstreuter kugeliger Zellen. Der Epithelialüberzug, durch eine hyaline Grenzschichte von der Schleimhaut getrennt, verliert allmälig an Dicke, wobei jedoch zu bemerken ist, dass er noch lange eine deutliche Schichtung erkennen lässt (nach *Kölliker* selbst an Bronchialzweigen von 2 Mm. Durchmesser). Indessen werden die Zellen der tieferen Lagen allmälig spärlicher, die Spindelzellen der mittleren Schichte verschwinden gänzlich, und es erscheinen nach und nach nur mehr zwischen den Basalenden der flimmernden Cylinderzellen einzelne kugelige oder conische Zellen, welche sich wie Ersatzzellen des gewöhnlichen Cylinderepithels verhalten. In den kleinsten interlobularen Bronchien findet man ein einschichtiges Epithel aus langen flimmern-

den Cylinderzellen bestehend, welche in den feinsten Zweigen beträchtlich kürzer und allmälig würfelförmig werden. Der Flimmerbesatz findet sich auch noch in den lobularen Bronchien. Sehr verbreitet, bis in die letzten Verzweigungen der Bronchien, kommen auch Becherzellen vor (*Schulze*).

Die *Faserhaut* der interlobularen Bronchien, aus gekreuzten Bindegewebsbündeln mit elastischen Fasernetzen zusammengesetzt, geht nach aussen in eine mehr lockere Bindegewebsscheide über, welche die parallel laufenden Verzweigungen der Gefässe, Nerven und Bronchien gemeinschaftlich einhüllt. Das Verhältniss der Faserhaut zu den in ihr eingelagerten Knorpelplättchen ist ganz analog dem, wie es in der Luftröhre besteht. In den kleinsten Bronchialzweigen, welche keine Knorpel mehr besitzen, wird die Faserhaut sehr dünn und ist kaum mehr deutlich von dem Schleimhautgewebe zu sondern.

Die Bronchialäste sind ziemlich reich an *traubigen Schleimdrüschen,* welche sich unter der Muskelschichte, in den inneren Theilen der Faserhaut ausbreiten, in den grossen Aesten eine beträchtliche Grösse erlangen können, in den feineren Verzweigungen nur mehr aus wenigen Acini bestehen. Sie reichen in denselben ungefähr so weit, als die knorpeligen Einlagerungen.

Als ein normales Vorkommniss beim erwachsenen Menschen ist endlich noch die Einlagerung von vereinzelten grösseren oder kleineren Gruppen lymphoider Zellen (Follikel?) in die Wandungen der interlobularen Bronchien zu erwähnen. Sie haben ihren Sitz nicht in der Schleimhaut, sondern stets nach aussen von der Muskelschichte.

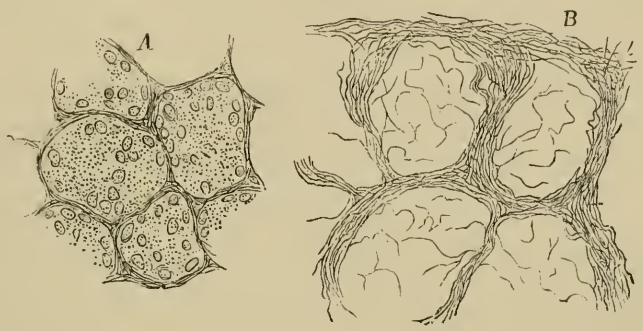
Die *lobularen Bronchien* lassen bezüglich ihrer bindegewebigen Grundlage keine Unterscheidung einer Schleimhaut und Faserhaut zu, es ist dieselbe vielmehr äusserst zart und dünn, und zeigt neben längslaufenden Bindegewebsbündeln feine, elastische Fasernetze. Die Muskulatur bildet keine geschlossene Lage, sondern erscheint in mehr zerstreuten, dünnen Bündeln oder auch in einzelnen, von diesen abgezweigten Fasern, welche jedoch noch immer mehr weniger der Quere nach gestellt sind. Knorpel und Drüsen fehlen gänzlich. Neueren Untersuchungen *Kölliker's* zu Folge tragen die Bronchioli bei dem erwachsenen Menschen bereits kleine, wandständige Alveolen.

Mit Rücksicht auf das Epithel unterscheidet *Kölliker* zwei Arten von Bronchiolen. Die grösseren, den interlobularen Bronchien zunächst folgenden, besitzen ein gleichmässiges, einschichtiges, flimmerndes Cylinderepithel. In den kleineren aus ihnen hervorgegangenen Bronchioli verlieren sich die Flimmerhaare und die Zellen nehmen eine cubische Form an. Zwischen diesen cubischen Zellen treten nun zuerst ganz vereinzelt, bald aber in grösserer Zahl grosse, platte, kernhaltige Zellen

auf; es entsteht so eine eigenthümliche, aus zweierlei ganz verschiedenen, aber in gleicher Schichte gelagerten Zellen zusammengesetzte Epithelform (*respiratorisches Epithel Kölliker*). Bemerkenswerth ist, dass diese Epithelform nicht sofort in dem ganzen Umkreise der Wand des Bronchiolus an Stelle des Pflasterepithels tritt, sondern zuerst an einer Seite derselben erscheint, dann sich allmälig auf ein grösseres Segment der Wand ausbreitet und erst beim Beginn der Alveolengänge das ganze Bereich der Wandung einnimmt.

In den terminalen Lufträumen ist die Verdünnung der Wandungen noch weiter fortgeschritten; sie bestehen aus einer zarten, blassen, membranösen Grundlage, welche in den Alveolengängen noch eine leichte Längsstreifung erkennen lässt, in den Alveolen selbst völlig

Fig. 137.



A. Alveolen aus der in Chromsäure erhärteten Lunge einer Katze (Schnittpräparat). In den Wandungen sind zahlreiche Kerne der Epithelzellen zu erkennen.
B. Elastisches Gerüst der Alveolen aus der Lunge des erwachsenen Menschen. (Zupfpräparat mit Zusatz von Natronlauge.) (Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

strukturlos ist, allenthalben aber eine Stütze durch reichlich entwickelte, elastische Fasernetze erhält. In den Alveolengängen sind diese im Allgemeinen in circulärer Richtung geordnet. Wo Alveolen aufsitzen, ist deren Basis (Eingangsstelle) durch einen kreisförmigen Zug dicht verfilzter, elastischer Fasern gestützt und von diesem zweigen sich einzelne dünne, gabelig verästelte Fäserchen ab, um über die ganze Wandung der Alveolen ein weites Maschenwerk zu bilden. Ganz übereinstimmend verhalten sich die elastischen Fasernetze an den Alveolen, welche, dicht aneinander gereiht, die Wandungen der Endsäckchen zusammensetzen (Fig. 137). Eine jede derselben ist an ihrem Eingang von dem gemeinschaftlichen Hohlraum her durch einen dichteren Zug elastischer Fasern umkreist, während an ihren Seitentheilen und an ihrem Grund einzelne, verzweigte Fäserchen ein weitmaschiges Netzwerk herstellen. Man kann sich von dieser Anordnung leicht überzeugen, wenn man zu einem aus frischem Lungengewebe hergestellten

Zupfpräparat Essigsäure, oder noch besser, verdünnte Natronlauge zugesetzt. Es ist indessen zu bemerken, dass die Wandungen benachbarter Alveolen ganz gewöhnlich an den einander zugewendeten Seitentheilen unter sich verschmelzen und daher ihre Lichtungen nur durch eine einfache Wandschichte (man nennt sie *Alveolenseptum*, *Schulze*) getrennt sind. An erwachsenen Individuen, und insbesondere im höheren Alter, kommt es sehr häufig zu einem mehr oder weniger ausgebreiteten Schwund dieser Scheidewände, so dass die Räumlichkeiten benachbarter Alveolen theilweise in einander fliessen.

Muskulöse Elemente finden sich in den grösseren Alveolengängen noch als zarte Bündelchen oder vereinzelte Fasern, in querer Richtung der Wandung eingebettet. Dass in den Endsäckchen und überhaupt in den Alveolen glatte Muskelfasern vorkommen, ist zwar von einigen Seiten (zuerst von *Moleschott*) behauptet worden, hat sich jedoch in Folge erneuter Untersuchungen als irrig herausgestellt (*Kölliker, Henle, Schulze*).

Die Epithelialbekleidung der terminalen Lufträume kann nur nach Impregnation mit Silbersalpeter (Injection durch die Bronchien) deutlich zur Ansicht gebracht werden. Sie ist einschichtig, wird aber durch zweierlei Formen von Zellen zusammengesetzt. Die einen erscheinen als grössere oder kleinere, häufig etwas in die Länge gestreckte, fast homogene Platten, von übrigens sehr verschiedenartiger Form. In ihren Kittlinien liegen theils einzelne, theils zu kleinen Gruppen vereinigte Zellen von ganz differenter Beschaffenheit; sie sind würfelähnlich oder unregelmässig polyedrisch, fein granulirt und mit je einem verhältnissmässig grossen, rundlichen Kern versehen. Es ist diess somit dieselbe Epithelform, welche schon in den kleineren Bronchiolen auftritt und von *Kölliker* als respiratorisches Epithel bezeichnet wird. Es ist dabei zu bemerken, dass an den Lungen älterer Embryonen und todt geborner Kinder alle Zellen gleichmässig gross, polyedrisch und deutlich granulirt gefunden werden, während bei Individuen, welche nur kurze Zeit geathmet haben, sich bereits verbreiterte und hellere Epithelzellen eingestreut zeigen (*Schulze*). Es ist daher die Vermuthung nahe gelegt, dass die letztere Zellenform auf mechanischem Wege, durch die Ausdehnung der Wandungen aus der ursprünglichen hervorgeht.

Einen hervorragenden Bestandtheil der Alveolenwandung bildet endlich das Netz der *Blutcapillaren*. Dasselbe ist unmittelbar unter der Epitheldecke in der homogenen Grundmembran der Alveolen eingebettet und mit äusserst engen, rundlichen Maschen über das ganze Bereich derselben ausgebreitet (Fig. 136). Sein Verhältniss zu dem Alveolen-Epithel wird gewöhnlich dahin bezeichnet, dass die plattenförmigen Zellen über den Capillarröhrchen, die Gruppen der Würfel-

zellen entsprechend den Maschenräumen der Capillaren zu liegen kommen. Diess trifft jedoch im Einzelnen keineswegs genau zu. In Folge der oberflächlichen Lage der Capillarröhrchen und wohl auch wegen ihres ziemlich beträchtlichen Durchmessers treten sie in gefülltem Zustande an der Innenfläche der Alveolen in Gestalt buckeliger Erhebungen vor — eine Thatsache, welche mit Rücksicht auf die Grösse des respiratorischen Gaswechsels von hoher Bedeutung ist, da in Folge dessen ein erheblicher Theil ihrer Wandung sich dem Luftraume zuwendet. Es ist übrigens einleuchtend, dass dieses Vorragen der Capillarröhrchen bei stärkerer Ausdehnung der Alveolenwandungen gemindert wird.

Mit Bezug auf die Vertheilung der Blutgefässe in den Lungen ist nun noch folgendes zu erwähnen. Die *Arteria* und *Vena pulmonalis* ramificiren sich parallel den Bronchialzweigen bis zu ihrem Eintritt in die Lungenläppchen; dort zerfallen die Arterien in kleinste Zweigchen, welche die Alveolengänge begleiten und mit ihren letzten Ausläufern zwischen die Endsäckchen eindringen, um sich in das Capillarsystem der Alveolen aufzulösen. Zwei oder mehrere der letzteren beziehen gewöhnlich ihr Blut aus einem arteriellen Endzweigchen. Die Wurzeln der Venen entstehen an dem Grunde der Alveolen und sammeln sich in dem interlobularen Bindegewebe zu stärkeren Stämmchen, welche sich dann in ihrem weiteren Verlaufe den Arterien anschliessen.

Die Bronchialäste besitzen ein eigenes, ernährendes Gefässsystem, welches aus den *Arteriae bronchiales* hervorgeht. Die Stämmchen derselben begleiten ebenfalls die grossen Bronchialäste, geben aber während ihres Verlaufes reichliche Zweigchen an die Wände derselben, sowie an das umliegende interlobulare Bindegewebe ab und besorgen zugleich die Vasa vasorum für die Arteria und Vena pulmonalis. In den Wandungen der Bronchien entwickelt sich ein zweifaches Capillarnetz, ein tieferes für die Drüsen und Muskeln, und ein oberflächliches, dichteres in der Schleimhaut selbst. Namentlich das erstere hängt mit Bezug auf seine Ausbildung von der Stärke der Bronchien ab. Die Venen, welche das Blut aus dem Ramificationsbezirke der Arteriae bronchiales ableiten, begleiten zum Theile die Zweige derselben bis in den Hilus der Lunge, zum Theile aber ergiessen sie sich schon früher in die Aeste der Vena pulmonalis. Bemerkenswerth ist, dass das bronchiale Capillarsystem an den Endverzweigungen der Bronchien mit dem respiratorischen Capillarnetz der terminalen Lufträume allerwärts in continuirlichem Zusammenhang steht; ferner, dass entlang der ganzen Ramifikation der Bronchien zahlreiche Anastomosen zwischen den Zweigen der Bronchialgefässe und dem respiratorischen Gefässsystem zu Stande kommen.

Die Lymphgefässe der Lungen werden als oberflächliche und tiefe beschrieben. Die ersteren bilden ein reich entwickeltes Netzwerk in den tieferen Schichten der Pleura und unmittelbar unter derselben. Es wird besonders dicht entsprechend den Grenzen der Lungenläppchen und steht allenthalben mit den tiefen Lymphgefässen in Zusammenhang. *Klein* beschreibt in dem Gewebe der Pleura visceralis selbst ausgebreitete, unter einander anastomosirende Lymphräume, welche durch Stomata mit der Pleurahöhle communiciren. Die tiefen Lymphgefässe sammeln sich zum Theil aus den Alveolen, in welchen sie nach *Wywodzoff* wandungslose Kanälchen darstellen sollen, theils aus den Geweben der Bronchien und aus dem interlobularen Bindegewebe. In dem letzteren stellen sie ein weitmaschiges Strickwerk ziemlich weiter, klappenloser Gefässchen her, welche sich zu grösseren, bereits Klappen führenden Stämmchen vereinigen und mit den Bronchialästen in den Hilus der Lunge gelangen. Dort nehmen sie noch einen Theil der oberflächlichen Lymphgefässe in sich auf. Mit den tiefen Lymphgefässen sollen kleinere und grössere, circumscripte Anhäufungen lymphoider Zellen (Lymphfollikel?), welche sich in dem interlobularen Bindegewebe zerstreut vorfinden, in näherer Beziehung stehen (*Klein, Arnold*).

Die Nerven der Lungen sind ziemlich zahlreich und begleiten mit ihren Stämmchen die Verzweigungen der Bronchien. Sie bestehen zum Theil aus marklosen, zum Theil aus feineren, markhaltigen Fasern und sind ab und zu mit einzelnen oder gruppenweise vereinigten Ganglienzellen besetzt. Ihre letzten Endigungen sind nicht erforscht; jedoch kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie, zum grösseren Theile wenigstens, zu der Muskulatur der Bronchien in Beziehungen treten.

Die Pleura zeigt im Allgemeinen ganz analoge Verhältnisse, wie das Peritoneum; hervorzuheben ist die bei weitem reichlichere Betheiligung von feinen, elastischen Fasernetzen an dem Aufbau des visceralen Antheiles. In Betreff der Communication des Pleuraraumes mit dem Lymphgefässsystem vergl. Seite 359.

Anhang.

Die Schilddrüse.

Sie ist ihrem feineren Bau zufolge als eine wahre Drüse ohne Ausführungsgang (siehe die Anmerkung auf Seite 395) zu betrachten und besteht aus einem zellenreichen, bindegewebigen Gerüst, in

welchem eine grosse Anzahl kugeliger, vollkommen geschlossener Drüsenblasen eingelagert ist. Die letzteren besitzen im Embryo, und auch noch bei neugeborenen Kindern, eine Wandbekleidung, welche aus einer einfachen Lage cubischer, mit einem kugelrunden Kerne versehener Zellen hergestellt ist und auf einer hellen, homogenen, durch Behandlung mit Natronlauge besonders deutlich hervortretenden Grenzschichte aufsitzt. Die Grösse dieser Blasen ist eine ziemlich wechselnde (von 40—100 μ. im Durchmesser), ihr Innenraum mit einer homogenen, zähen, leicht gelblich gefärbten Flüssigkeit erfüllt. Schon während des Kindesalters verändert sich die Beschaffenheit der Drüsenblasen sehr erheblich; sie nehmen an Durchmesser bedeutend zu, ihre zellige Auskleidung erscheint häufig verwaschen oder völlig fehlend, ihr Inhalt wird durch eine consistente, homogene, gelbliche Masse (Colloid) gebildet.

Das bindegewebige Gerüst der Schilddrüse, welches sich stellenweise zu starken Zügen sammelt und an der Oberfläche des Organes zu einer straffen Kapsel verdichtet ist, wird von einer ausserordentlich reichen *Blutgefässramifikation* durchzogen, deren capillare Netze die Drüsenblasen umspinnen. Die *Lymphgefässe* bilden ein dichtes Netzwerk ziemlich weiter Kanälchen in den tieferen Schichten der Kapsel, während die ableitenden, klappenführenden Stämmchen an der Oberfläche des Organes frei zu Tage treten. Im Innern hat *Cresswell* beim Hunde reichliche Netze von Lymphcapillaren dargestellt.

Die *Nerven* der Schilddrüse sind noch nicht genauer erforscht.

VII. Kapitel.

Der uropoëtische Apparat.

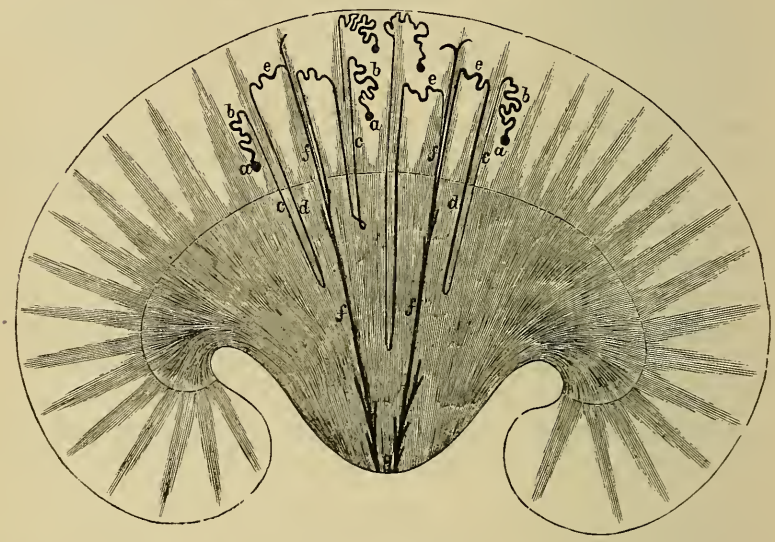
1) Die Nieren.

Die Niere ist eine zusammengesetzte, tubulöse Drüse; ihre primären Drüsenformationen stellen lange Röhrchen (die *Harnkanälchen*) dar, deren jedes von Strecke zu Strecke sowohl nach Verlaufsrichtung, als auch nach Kaliber und nach Beschaffenheit der Secretionszellen besondere, ganz charakteristische Eigenthümlichkeiten zeigt. Es werden daher an einem jeden Harnkanälchen mehrere Abschnitte unterschieden und mit besonderen Namen belegt.

Eintheilung, Verlauf und Anordnung der Harnkanälchen. Ein jedes Harnkanälchen nimmt seinen Anfang in der Rindensubstanz, aus

einem kleinen, kugeligen Gebilde (Fig. 138 a), welches als *Malpighi'sches Körperchen* bezeichnet wird, und zieht von da in vielfachen, scharfen Krümmungen, immer im Bereiche der Rinde, gegen die Oberfläche der Niere zu. Dieser Theil des Kanälchens (b) heisst *Tubulus contortus* (*gewundenes Kanälchen*). Nach längerem Verlaufe wendet sich das Harnkanälchen centralwärts, streckt sich gerade und nimmt ziemlich rasch an Dicke ab; es formt nun eine langgezogene, steile Schlinge, welche mehr oder weniger tief in die Marksubstanz hinabreicht (*Henle'sche Schleife*). Die beiden Schenkel derselben verlaufen ziemlich geradlinig,

Fig. 138.



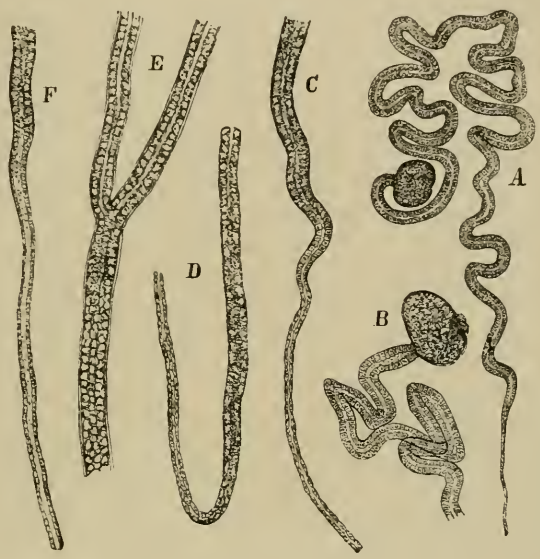
Schematische Darstellung des Verlaufes der Harnkanälchen an einem Frontaldurchschnitt einer einpyramidigen Niere.

a. *Malpighi'sche* Körperchen, b. gewundene Kanälchen, c. schmaler Schleifenschenkel, d. breiter Schleifenschenkel, e. Schaltstücke, f. Sammelröhrchen, g. Ductus papillares. (Auf Grundlage von Injectionspräparaten der Nieren eines sechs Wochen alten Kaninchens.)

unterscheiden sich aber von einander durch ihre Weite und durch die Beschaffenheit des Epithels. Der eine, welcher näher dem *Malpighi'schen* Körperchen gelegen ist (c), möge als der *schmale* (*absteigende*), der andere (d) als der *breite* (*aufsteigende*) *Schleifenschenkel* bezeichnet werden. Der letztere geht, in die Rindensubstanz zurückgekehrt, wieder in einen bogig gekrümmten Abschnitt, das *Schaltstück Schweigger-Seidel's* (e) über, aus welchem abermals ein gerades, gegen die Marksubstanz zugewendetes Röhrenstück hervorgeht. Bis hierher ist der Verlauf eines jeden Harnkanälchens ein völlig isolirter, nirgends kommen Anastomosen oder irgend ein Zusammenhang benachbarter Kanälchen vor. Erst die aus den Schaltstücken hervorgehenden, geraden Röhren-

abschnitte vermitteln die Vereinigung mehrerer Kanälchen, indem zunächst zwei derselben unter spitzen Winkeln zusammenfliessen, und das so entstandene Kanälchen während seines Zuges gegen die Marksubstanz von Strecke zu Strecke immer wieder ein solches in sich aufnimmt. Alle diese geraden Röhrenabschnitte werden *Sammelkanälchen* (f) genannt. In der Marksubstanz selbst halten alle Sammelkanälchen die Richtung gegen die Nierenpapille ein, und indem sie sich allmälig

Fig. 139.



Harnkanälchen aus der Niere eines jungen Kaninchens, durch 50prozentige Salzsäure isolirt.

A. Ein gewundenes Kanälchen, einerseits in das *Malpighi'sche* Körperchen, andererseits in den schmalen Schleifenschenkel übergehend.

B. Stück eines gewundenen Kanälchens im Zusammenhang mit dem *Malpighi'schen* Körperchen, an dem letzteren sieht man die Eintrittsstelle der Blutgefässe.

C. Endstück eines gewundenen Kanälchens, in den schmalen Schleifenschenkel übergehend.

D. Unteres Stück einer *Henle'schen* Schleife.

E. Sammelrohr grösserer Art aus der Marksubstanz.

F. Ein Schaltstück, in den Anfangstheil eines Sammelröhrchens übergehend.

A mit Hartnack, Object. V, Ocul. 2, B—F mit Object. VIII, Ocul. 2.

unter spitzen Winkeln vereinigen, nimmt ihr Kaliber in demselben Maasse zu, als sich ihre Zahl nach und nach verringert. Nahe der Spitze der Nierenpapille haben sich die Sammelröhren bereits auf eine verhältnissmässig geringe Anzahl reducirt und heissen hier *Ductus papillares* (g). Ihre Mündungen an der Papille — die sogen. *Poren* (*Foramina papillaria*) sind mit Hülfe einer schwachen Loupe leicht zu entdecken. Es sind deren an einer einfachen, regelmässig geformten Papille der menschlichen Niere etwa 8—15 oder noch mehr; jedoch ist leicht einzusehen, dass ihre Anzahl, sowie ihr Standort, bei den variablen Formen

der Papillen erheblich wechseln muss. Nicht minder ergeben sich darin bei verschiedenen Thieren mannigfache Abweichungen.

Es ist nun hervorzuheben, dass es keine leichte Aufgabe ist, den Zusammenhang der einzelnen Abschnitte eines Harnkanälchens, am Präparate zu verfolgen. Am besten gelangt man zu diesem Ziele durch Anwendung jener Methoden, welche die vollständige Isolirung der einzelnen Harnkanälchen ermöglichen. Als solche kann am meisten die Maceration kleiner Nieren oder einzelner Stücke derselben in mässig concentrirter Salzsäure (etwa gleiche Theile Wasser und Säure) empfohlen werden, welche man so lange fortsetzt, bis die Substanz der Niere von selbst zu zerfallen beginnt. Man vermag den Erfolg durch Anwendung höherer Temperaturen nach Bedürfniss zu beschleunigen. Nach Auswaschen mit Wasser können entlang der Verlaufsrichtung der geraden Kanälchen Theilchen der Substanz vorsichtig abgehoben, aus einander gelegt und in verdünntem Glycerin untersucht werden. Man erhält dadurch die verschiedensten Bruchstücke isolirter Kanälchen, von denen viele den Uebergang eines Abschnittes in einen anderen ganz wohl erkennen lassen. Die beigegebene Abbildung (Fig. 139) gibt einige Beispiele davon.

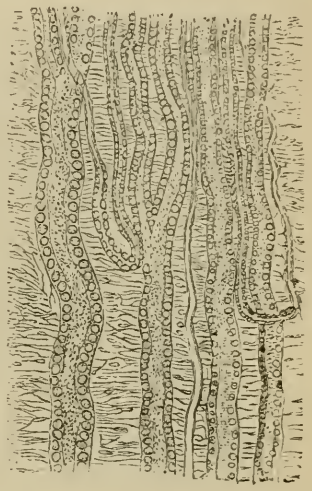
Hat man in dieser Weise die einzelnen Abschnitte der Harnkanälchen kennen gelernt, so gehe man daran, ihre Lage und Anordnung in den verschiedenen Bezirken der Niere zu untersuchen. Behufs dessen stelle man sich Durchschnitte durch das erhärtete Organ, in der Verlaufsrichtung der geraden Kanälchen her, tingire dieselben mit Carmin oder Hämatoxylin und untersuche sie in Glycerin oder Damarlack. Man erhält dadurch genügende Aufschlüsse; nur die *Henle'schen* Schleifen sind in dieser Weise schwierig zu übersehen. Die Injection der Drüsenlumina von dem Urether aus bietet hiezu ein vortreffliches Hülfsmittel. Sie gelingt an Nieren neugeborener Kinder, wenn man solche recht bald nach dem Tode haben kann, meistens in einzelnen Bezirken. Das allerbeste Objekt ist aber die frische Niere des neugeborenen Hundes, an welcher man mit Hülfe constanten Druckes von etwa 50 Mm. Quecksilber sehr leicht die Harnkanälchen bis in die *Malpighi'schen* Körperchen mit wässerigem Berlinerblau oder Carminleim erfüllen kann. Bei der Untersuchung derartiger Durchschnitte kommt Alles darauf an, dass die angegebene Schnittrichtung genau eingehalten werde.

Die Marksubstanz enthält nur Kanälchenabschnitte von geradlinigem Verlauf, und zwar: Sammelkanälchen und die Schenkel der *Henle'schen* Schleifen. Die ersteren können als die Verzweigungen der Ductus papillares betrachtet werden, welche unter fortgesetzten, spitzwinkligen Theilungen um so zahlreicher werden, als man sich der Basis des Markkegels nähert. Jedoch ist diese Verästigung nicht auf alle Theile der Marksubstanz gleichmässig vertheilt; am reichlichsten erfolgt sie noch im Bereiche der Papille selbst und dann in dem der Basis zunächst gelegenen Theile der Markpyramide (dieser wird auch als *Grenzschichte* bezeichnet). Die Verlaufsrichtung der Sammelröhren in der Marksubstanz ist eine radiäre, d. h. sie ziehen von der Papille aus nach allen Punkten der Pyramidenbasis hin. — Im weiteren Verlaufe gehen alle Sammelröhrchen in die Rindensubstanz über und ordnen sich dort zu zahlreichen Bündeln, zwischen denen die Masse der gewundenen Kanälchen ringsum eingeschoben ist. Diese, fast den ganzen Durchmesser der Rinde bis nahe an die Oberfläche durchsetzenden

Bündel sind unter dem Namen *Markstrahlen* (*Ludwig*) oder *Pyramidenfortsätze* (*Henle*), bekannt. Sie verleihen der Rinde ein streifiges Aussehen und einen radiärfaserigen Bruch.

Den Sammelröhrchen schliessen sich, dem Verlaufe nach, die Schenkel der *Henle'schen* Schleifen an. Sie ziehen sich in der Marksubstanz, allerwärts zwischen den Sammelröhrchen vertheilt (Fig. 140), bis zu verschiedenen Tiefen herein, so dass man ihren Umbeugungsstellen ebenso in der Gegend der Papille, als wie in der Grenzschichte des Markes begegnet. In der Rinde legen sich die Schleifenschenkel an die Bündel der Sammelröhren an, so dass die Markstrahlen beiderlei Kanälchen gemengt enthalten; und zwar liegen die Sammelröhren zumeist in der Mitte, die Schleifenschenkel an der Oberfläche des Bündels. Indem sowohl Sammelröhren, als auch Schleifenschenkel während ihres Zuges durch die Rinde von Strecke zu Strecke sich von den Markstrahlen ablösen, um in gewundene Kanalabschnitte (beziehungsweise Schaltstücke) zu übergehen, werden die Markstrahlen allmälig dünner und verlieren sich endlich, nahe der Oberfläche der Niere, vollends.

Fig. 140.



Aus einem Längsschnitte durch die Markpyramide der Niere eines neugeborenen Hundes (Harnkanälchen injicirt).

Man sieht Sammelröhren und *Henle'sche* Schleifen von reichlichem, bindegewebigem Stroma umgeben. (Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

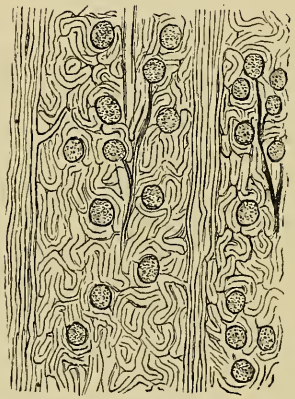
Die gewundenen Kanälchen, sowie die Schaltstücke, sind ausschliesslich auf die Rindensubstanz beschränkt und nehmen daselbst den Raum ein, welcher zwischen den Markstrahlen übrig bleibt. Die oberflächlichste Schichte der Rindensubstanz (*Cortex corticis Hyrtl*) wird nur aus gewundenen Kanälchen zusammengesetzt.

Einen wichtigen Bestandtheil der Rinde bilden endlich die *Malpighi'schen Körperchen*. Sie sind zwischen den gewundenen Kanälchen einzeln und in verschieden grossen Zwischenräumen eingestreut, jedoch in solcher Zahl vorhanden, dass man an dem Durchschnitte mehrere derselben in jedem Interstitium zwischen zwei Markstrahlen (Fig. 141) vorfindet. Das Bereich des Cortex corticis bleibt jedoch von ihnen vollständig frei. Es ist sonach die Rindensubstanz durch das Vorkommen der gewundenen Kanalabschnitte und der *Malpighi'schen* Körperchen vor der Marksubstanz ausgezeichnet.

Indem die Markstrahlen in regelmässigen Intervallen zwischen diese Formationen der Rindensubstanz hineindringen, und die letzteren

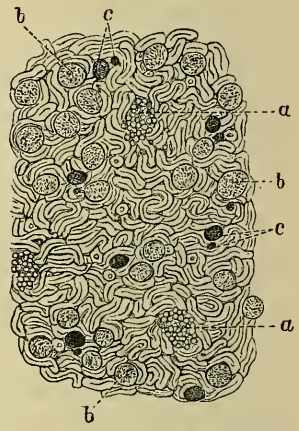
gleichsam um die ersteren herum gruppirt erscheinen, hat man Veranlassung genommen, an der Rindensubstanz eine grosse Anzahl von *Läppchen* (*Lobuli*) zu unterscheiden. Ein jedes von diesen umfasst einen Markstrahl als Axe und eine Parthie gewundener Kanälchen und *Malpighi'scher* Körperchen, welche rings um ihn herumgelagert sind. Eine scharfe Grenze zwischen diesen Läppchen existirt aber keineswegs, indem die gewundenen Kanälchen zwischen je zwei Markstrahlen eine continuirliche Masse bilden. Jedoch lassen sich an Schnitten, welche tangential zur Oberfläche geführt worden sind, also die Markstrahlen,

Fig. 141.



Aus einem Längsschnitt durch die Rinde einer Affenniere. Man sieht zwei Markstrahlen und dazwischen die Substanz der gewundenen Kanälchen mit *Malpighi'schen* Körperchen. Mitten durch zieht ein Arterien- und ein Venenstämmchen. (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

Fig. 142.



Aus einem Tangentialschnitt durch die Rinde einer Affenniere.

a. Querdurchschnitte von Markstrahlen.

b. *Malpighi'sche* Körperchen.

c. Querdurchschnitte der Artt. und Vv. interlobulares; sie bilden die Grenzmarken der Rindenläppchen. (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

beziehungsweise die Rindenläppchen, quer getroffen haben, die letzteren einigermassen dadurch umgrenzen, dass zwischen ihnen die Querschnitte grösserer Arterien- und Venenzweigchen (Art. und V. interlobulares), gleichsam als Marksteine, eingelagert sind (Fig. 142).

Histologische Charaktere der Harnkanälchen. Die Sammelröhrchen sind im Allgemeinen ausgezeichnet durch geraden oder nur leicht geschlängelten Verlauf, durch wiederholte spitzwinklige Theilungen, ferner durch verhältnissmässig weite Lichtung und durch die helle, fast homogene Beschaffenheit der sie auskleidenden Zellen. Die Breite dieser Kanälchen nimmt von der Markpapille bis in die Markstrahlen der Rinde hinein ganz allmälig, jedoch sehr bedeutend (um das 4—5fache) ab, so dass bei einem Querdurchmesser der Ductus papillares von 200

bis 300 μ die dünnsten Sammelröhren in den Markstrahlen nur mehr 45 μ in der Breite messen*). Die innere Auskleidung wird in den Ductus papillares durch verhältnissmässig langgestreckte, cylindrische, durchsichtige Zellen gebildet. Mit der fortschreitenden Verkleinerung der Sammelröhren werden die Zellen erheblich niedriger, in der Grenzschichte der Marksubstanz cubisch und in dem Bereiche der Rindensubstanz selbst mehr abgeplattet; immer jedoch behalten sie ihr homogenes Aussehen bei. Die Membrana propria der Sammelkanälchen ist ein strukturloses Häutchen, welches in der Nierenpapille mit dem umliegenden Bindegewebsgerüst verschmolzen ist, sonst aber allenthalben für sich dargestellt werden kann.

Die *Schaltstücke* können wegen ihres gebogenen Verlaufes leicht mit den eigentlichen gewundenen Kanälchen verwechselt werden, doch unterscheiden sie sich von ihnen in mehreren wesentlichen Punkten; zunächst sind sie bedeutend kürzer als die letzteren und beschreiben gewöhnlich nur eine stärkere und eine oder zwei, sich beiderseits an diese anschliessende, flachere Krümmungen. Ihr Breitendurchmesser beträgt im Mittel 40 μ, ihre Lichtung ist verhältnissmässig weit, ihre Zellenauskleidung der der feinsten Sammelröhrchen ähnlich. Als besondere Eigenthümlichkeit kommen ihnen ganz umschriebene, gleichmässige Erweiterungen oder kleine, seitlich aufsitzende, blindsackartige Ausbuchtungen zu.

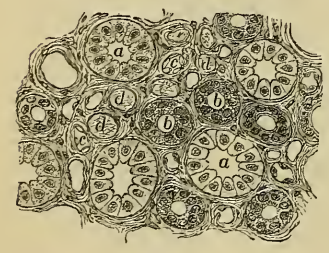
Die beiden Schenkel der Henle'schen Schleifen sind gerade oder leicht geschlängelte, unverzweigte Röhrchen, und unterscheiden sich in ihren histologischen Charakteren sowohl unter sich, als von allen anderen Abschnitten der Harnkanälchen in sehr auffallender Weise. Der breite (aufsteigende) Schenkel besitzt einen mittleren Durchmesser von 20—26 μ, wobei zu bemerken ist, dass er im Bereiche der Rindensubstanz durchgehends schmäler erscheint, als in seinem in der Marksubstanz gelegenen Theile. Sein Lumen ist verhältnissmässig eng, doch stets deutlich erkennbar, die Secretionszellen breit, kegelförmig oder polyedrisch, durch zahlreich eingelagerte, feine Körnchen getrübt, die Membrana propria dünn und zart. Der schmale (absteigende) Schenkel ist im Mittel 14 μ breit, seine Lichtung verhältnissmässig sehr weit, seine Auskleidung aus platten, polygonalen oder spindelförmigen, durchsichtigen Zellen gebildet, deren kugeliger oder etwas oblonger Kern gewöhnlich eine Vorbauchung gegen das Lumen hin erzeugt. Die Membrana propria ist verhältnissmässig dick, doppelt contourirt, besonders nach Behandlung des frischen Gewebes mit Natron-

*) Diese und die folgenden Zahlenangaben sind von *Schweigger-Seidel* als Mittelmaasse für die Kanälchen der menschlichen Niere erhoben worden.

lange viel stärker hervortretend, als an allen übrigen Abschnitten der Harnkanälchen. Im Ganzen sind die dünnen Schleifenschenkel nicht unähnlich den Blutgefässcapillaren und an Durchschnitten gehärteter Objekte von solchen nicht immer leicht zu unterscheiden. Am besten übersieht man die geweblichen Eigenschaften der beiden Schleifenschenkel an Schnitten, welche quer durch die Markpyramide angefertigt worden sind (Fig. 143).

Der Uebergang dieser Eigenthümlichkeiten in dem Bau der Schleifenschenkel erfolgt ziemlich plötzlich, fällt aber keineswegs genau mit der Umbeugungsstelle der Schleife zusammen. Vielmehr kann man ihn bald in den absteigenden (beim Menschen der gewöhnliche Fall), bald in den aufsteigenden Schenkel verlegt sehen, so dass beim Menschen der absteigende Schenkel häufig nur in seinem obersten Theile eng ist und helles, plattes Epithel besitzt, während er in seinem unteren Theile die Charaktere des breiteren Schenkels zeigt. Man sieht also, dass sich die Termini „schmal" und „absteigend" und umgekehrt, mit Bezug auf die Schleifenschenkel nicht genau decken.

Fig. 143.



Aus einem Querschnitt durch die Markpyramide eines neugeborenen Hundes (Harnkanälchen injicirt).
a. Sammelröhrchen, b. breite, c. schmale Schleifenschenkel, d. Blutgefässquerschnitte.
(Hartnack, Object. IX, Ocul. 2.)

Die *gewundenen Kanälchen* besitzen einen Querdurchmesser von 45 μ, eine sehr enge Lichtung und sehr trübe, polyedrische, undurchsichtige Secretionszellen, deren Grenzcontouren man nur an verhältnissmässig frischen Objekten deutlich wahrnehmen kann. Häufig, und besonders an älteren, gehärteten Präparaten, erscheint das ganze Kanälchen wie von einer diffusen, feinkörnigen Masse gleichförmig erfüllt, welche auch die Lichtung nicht mehr deutlich erkennen lässt. Nur die fortlaufend eingestreuten, kugeligen Zellkerne treten in derselben hervor. Man hatte bis vor kurzer Zeit ganz allgemein angenommen, dass die trübe Beschaffenheit dieser Secretionszellen von der Einlagerung zahlreicher, stärker lichtbrechender Körnchen herrühre. Nun hat aber *R. Heidenhain* nachgewiesen, dass hier ein ähnliches Structurverhältniss vorliegt, wie es bereits für die Zellen gewisser Speicheldrüsengänge (S. 453) beschrieben worden ist. Es sind nemlich die Secretionszellen der gewundenen Harnkanälchen von stäbchenförmigen Gebilden durchsetzt, welche in der Richtung von der äusseren Oberfläche gegen das Lumen gestellt sind, jedoch so, dass in der Nähe des letzteren eine schmale Zone des Zellkörpers, und dann der Raum für den Kern von ihnen frei bleibt. Zu ihrer Beobachtung eignen sich

vorzüglich Schnitte durch das ganz frische Objekt, oder auch die vorhergehende Behandlung desselben mit neutralem chromsaurem Ammoniak (5%). Durch 30 bis 35% Natronlauge können sie isolirt dargestellt werden. Wenn sich, vermöge der Lagerung der Secretionszellen im Präparate, diese Stäbchen im optischen Querschnitte präsentiren, so erscheinen sie natürlich als kleine, in dem Protoplasma zerstreute Pünktchen, und daher rührt das scheinbar granulirte Aussehen dieser Zellen. *R. Heidenhain* hat dasselbe Strukturverhältniss auch in den Secretionszellen der breiten Schleifenschenkel nachgewiesen. — Die Membrana propria der gewundenen Kanalstücke ist verhältnissmässig sehr zart.

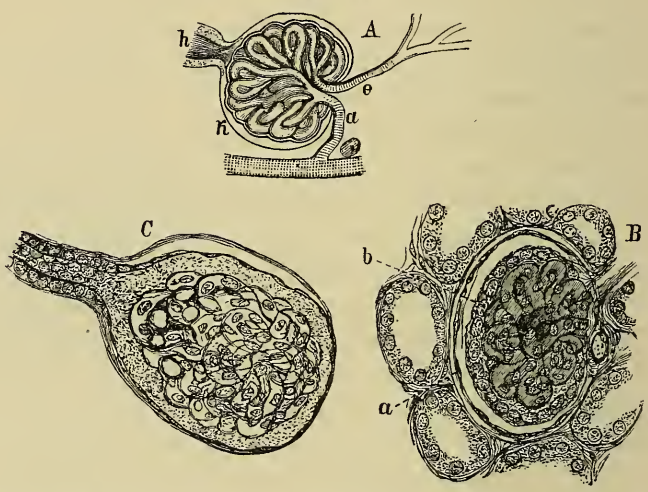
Die Malpighi'schen Körperchen sind kugelige Gebilde von 200 bis 300 μ Durchmesser, aus denen die gewundenen Harnkanälchen mit einer halsartigen Einschnürung ihren Ursprung nehmen. Ihre Grösse differirt, wie *Drasch* neuerdings betonte, in einer und derselben Niere nicht unerheblich und zwar so, dass im Allgemeinen in der Nähe der Markpyramiden die grösseren und gegen die äussere Peripherie der Rinde hin kleinere Körperchen vorkommen. Ihre Wandung wird durch ein äusserst zartes, durchsichtiges Häutchen (die *Bowman'sche* Kapsel) hergestellt; im Innern enthalten sie eine eigenthümliche Blutgefässformation: den *Glomerulus Malpighianus*. Es tritt nemlich in ein jedes *Malpighi'sche* Körperchen ein kleines, arterielles Gefässchen (Vas afferens) ein, welches sich im Inneren rasch in eine Anzahl von Zweigchen zerspaltet. Aus jedem der letzteren gehen einige Gefässschlingen hervor, welche sich durch einander schieben und wieder zu einem Stämmchen (Vas efferens) zusammenfliessen; dieses verlässt neben dem Vas afferens das *Malpighi'sche* Körperchen. Man hat es also hier mit einer Gefässformation zu thun, welche in kleinem Maassstabe einem bipolaren, arteriellen Wundernetz entspricht. Die Fig. 144 A gibt eine schematische Darstellung davon.

Um sich nun von den Beziehungen des Glomerulus zu den Drüsenformationen ein Bild zu machen, stelle man sich vor, der geschlossene Anfangstheil eines gewundenen Kanälchens sei zu einer kugeligen Blase aufgetrieben, und diese werde von der dem Kanälchen gegenüberliegenden Seite her durch den Glomerulus derart eingestülpt, dass der letztere von den Wandungen der Blase völlig umfasst wird. Es erhält so der Glomerulus eine doppelte, häutige Kapsel, eine innere (der eingestülpte Theil der Blase), welche ihm allseits unmittelbar anliegt und eine äussere — die eigentliche *Bowman'sche Kapsel* — welche mit der ersteren einen spaltartigen Raum in der ganzen Circumferenz des Glomerulus herstellt. Da die *Bowman'sche* Kapsel unmittelbar in die Wand des gewundenen Röhrchens übergeht, so steht auch der unter

ihr liegende Raum mit der Lichtung des Harnkanälchens in direkter Communication. An der Stelle, wo die äussere Kapsel in die innere umbiegt, bleibt eine Oeffnung für den Durchtritt des Vas afferens und efferens. Diese liegt somit stets der Mündung des gewundenen Kanälchens gegenüber*).

Bezüglich der histologischen Beschaffenheit der beiden Kapseln ist folgendes zu erwähnen: Beide bestehen aus einer völlig structurlosen Membran (der Fortsetzung der Membrana propria der Harnkanälchen), welche an der dem vorerwähnten Raum zugewendeten

Fig. 144.



A. Schema eines *Malpighi'schen* Körperchens auf Grundlage eines Präparates aus der Niere eines einjährigen Kindes. a. Vas afferens, e. Vas efferens, k. *Bowman'sche* Kapsel, in die Wandung des gewundenen Kanälchens übergehend.

B. *Malpighi'sches* Körperchen aus einem Durchschnitte durch die Rinde der Niere eines neugeborenen Kindes. a. Kerne der Zellenlage der *Bowman'schen* Kapsel, b. Zellenlage auf dem Gefässknäuel. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2.)

C. Aus einem Durchschnitt durch die Niere von Proteus anguineus. Uebergang eines Harnkanälchens in die *Bowman'sche* Kapsel; die letztere von einer dünnen Lage von Bindegewebsstroma umgeben. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 2.)

Seite mit einer Lage von platten Zellen überkleidet ist. Der Nachweis dieses Zellenbelages ist an erwachsenen Individuen, besonders für die innere Kapsel, mit grossen Schwierigkeiten verbunden, wenngleich es durch vorsichtige Behandlung mit Silbernitrat in einzelnen Fällen gelingt, die Zellengrenzen sichtbar zu machen. Sehr leicht ist es aber, an Embryonen und ganz jungen Geschöpfen denselben zur Ansicht zu bekommen. Es zeigt sich jedoch bei diesen eine erhebliche Differenz

*) Um Missverständnissen vorzubeugen, muss ausdrücklich bemerkt werden, dass die gegebene Darstellung keineswegs dem wahren Bildungs-Modus der *Malpighi'schen* Körperchen entspricht; sie ist gewählt worden, um die Zusammensetzung der bereits fertigen Gebilde dem Verständniss leichter zugänglich zu machen.

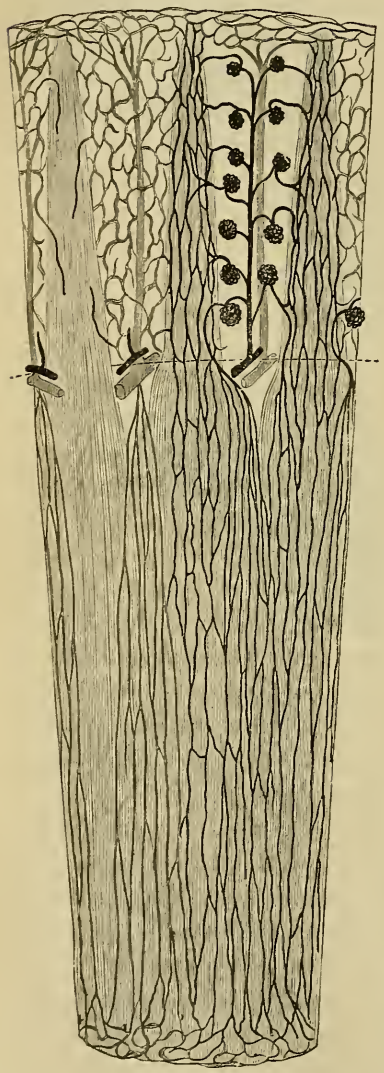
zwischen dem Zellenbelag der inneren und der äusseren Kapsel. Kurz nachdem das *Malpighi'sche* Körperchen entstanden ist, findet man die innere Kapsel mit einer Lage von cylindrischen Zellen besetzt; sehr bald aber, während das Körperchen noch an Grösse zunimmt, werden diese Zellen kürzer, würfelförmig (vergl. Fig. 144 B), und immer flacher, bis sie endlich als ganz dünne Schüppchen ihre bleibende Gestalt erhalten haben. Die Zellenlage der eigentlichen *Bowman'schen* Kapsel ist schon an ganz jungen Körperchen aus platten, polygonalen, mit einem flach ellipsoidischen Kern versehenen Elementen gebildet, deren Charakter sich im Laufe des Wachsthums nicht weiter verändert. Der Uebergang von diesen zu den polyedrischen Zellen des gewundenen Kanälchens erfolgt ganz plötzlich an der Einmündungsstelle des letzteren (Fig. 144 C).

Nebst den bisher beschriebenen, drüsigen Formationen betheiligt sich auch noch das *Bindegewebe* an dem Aufbau der Nieren. Dasselbe tritt an der Oberfläche in Gestalt einer dünnen, fibrösen Membran (*Tunica albuginea*) auf, welche in den äusseren Schichten aus ziemlich derben, vielfach überkreuzten Bündeln besteht, nach innen zu aber in lockeres, zellenreiches Gewebe übergeht, von dem aus sich zarte Dissepimente zwischen die Läppchen der Nierenrinde einsenken. Diese innere Schichte wird wohl auch als eine selbständige Lage, unter der Bezeichnung *Tunica intima* seu *tertia*, beschrieben. In ihr sind netzartig angeordnete, glatte Muskelfasern nachgewiesen worden (*Eberth*, *W. Krause*). Die sogen. *Tunica adiposa*, welche gewöhnlich als äusserste Umhüllung der Niere angeführt wird, kann nicht mehr als zu dieser gehörig betrachtet werden; denn, wenngleich sie durch vielfachen Faseraustausch mit der Tunica albuginea zusammenhängt, so ist sie doch nichts anderes, als Bindegewebe des Retroperitonealraumes, welches reich mit Fettgewebe durchwachsen ist.

Im Inneren des Organes stellt das Bindegewebe eine Art von Gerüst um die Harnkanälchen her (*Stroma* der Niere oder *interstitielles Bindegewebe*), und ist zugleich der Träger der Gefässramifikationen. Es steht in seinem Charakter dem reticulären Bindegewebe nahe, da es aus spindelförmigen, in zwei oder mehrere, verzweigte, feine Fortsätze auslaufenden Zellen besteht, welche netzartig unter einander zusammenhängen. Zur Untersuchung desselben eignen sich vorzüglich Nieren von neugeborenen Thieren oder Embryonen. An diesen ist es insbesondere in den peripheren Theilen der Rinde und an den Papillen, zwischen den Ductus papillares, in grösserer Masse vorhanden; aber auch in dem übrigen Theile der Marksubstanz tritt es auffällig hervor, und zwar um so mehr, weil hier die spindelförmigen Zellen mit ihrem längsten Durchmesser quer zu der Verlaufsrichtung der geraden

Kanälchen gestellt sind (Fig. 140). An diesen Objekten kann man auch zwischen den Gefässröhrchen der *Malpighi'schen* Glomeruli einzelne, spindel- oder sternförmige Bindesubstanzzellen mit Sicherheit nachweisen, was an ausgewachsenen Nieren nicht mehr möglich ist.

Fig. 145.



Schematische Darstellung der Blutgefässvertheilung in der Niere; nach Präparaten aus den Nieren einer Katze entworfen, deren Arterien mit Carminleim, und deren Venen mit Berlinerblau injicirt worden waren. Diejenigen Theile des Gefässsystemes, welche rothe Injectionsmasse führten, sind in der Abbildung dunkel gehalten, die blau injicirten heller. Die nähere Erklärung ergibt sich aus dem Texte.

Blutgefässe der Nieren. Die Arteria renalis zerfällt, sowie die Vena, bereits in dem Sinus der Niere durch fortlaufende dichotomische Ramifikation in viele kleinere Aeste, welche mit der äusseren Oberfläche des Nierenbeckens und der Nierenkelche durch lockeres Bindegewebe zusammenhängen. Kleine Zweigchen gehen von hier aus an die fibröse Kapsel und an das Fettgewebe, welches im Sinus renalis und in der nächsten Umgebung des Hilus angesammelt ist. Die Hauptäste der Arterien aber, sowie der Venen, gehören dem Parenchym an. Die Stellen, wo sie in dasselbe eindringen, sind sämmtlich rings um die Basalflächen der Markkegel gruppirt, so dass die ersten Gefässramifikationen im Parenchym selbst an der Grenze zwischen Mark- und Rindensubstanz erfolgen. Daselbst verlaufen die grösseren Aeste, stets eine Arterie von einer Vene begleitet, in bogigen Linien, welche, der Krümmung der Markbasis entsprechend, ihre Convexität der Rinde zuwenden, nach verschiedenen Richtungen aus, wobei die Venen, nicht aber die Arterien unter einander anastomosiren. Aus der convexen Seite der *arteriellen* Gefässbogen entspringen in kurzen Zwischenräumen kleine Seitenästchen, welche entweder sofort, oder nachdem sie sich das eine oder das andere Mal getheilt haben, zwischen die Rindenläppchen eindringen und in ziemlich gerader Richtung gegen die

Oberfläche der Niere verlaufen (Fig. 145). Diese Aestchen, unter dem Namen *Arteriae interlobulares* bekannt, senden nun zahlreiche, kleine Zweigchen ab, welche nach kurzem Verlaufe als *Vasa afferentia* in die *Malpighi'schen* Körperchen eintreten.

Nachdem sie den bereits früher beschriebenen Gefässknäuel gebildet haben, kommen sie als Vasa efferentia wieder hervor und streben nun dem nächstliegenden Markstrahle zu, um sich in diesem sofort in ein Capillarnetz aufzulösen.

Die Vasa efferentia der nahe der Marksubstanz gelegenen, durch beträchtliche Grösse ausgezeichneten *Malpighi'schen* Körperchen ziehen längs den geraden Kanälchen in die Grenzschichte des Markes, wo sie büschelförmig in Capillaren zerfallen. Es sind dies die sogen. *Arteriolae rectae*. Es besteht seit langer Zeit eine Controverse darüber, ob die Marksubstanz ihr Blut ausschliesslich aus den Vasa efferentia der tiefst gelegenen *Malpighi'schen* Körperchen beziehe (*Bowman*), oder ob ausserdem noch kleine, aus den bogenförmigen Hauptstämmen oder aus den Anfangstheilen der Arteriae interlobulares entspringende Arterienzweigchen sich in direkter Weise an der Versorgung des Markes mit Blut betheiligen (*Arnold*, *Virchow*). Dass das letztere in der That vorkommt, habe ich an unvollkommen injicirten Nieren (solche eignen sich zu dieser Beobachtung am besten) von Hunden und Katzen wiederholt gesehen, und kann diese Thatsache nicht mehr bezweifelt werden, da auch *Schweigger-Seidel, Ludwig, Frey* u. A. ähnliche Beobachtungen gemacht haben. Doch scheinen solche direkte Aestchen, welche sich im Uebrigen wie die Arteriolae rectae verhalten, keineswegs zahlreich zu sein. Eine dritte Ansicht über die Provenienz der Vasa recta stammt von *Huschke* her und ist von *Hyrtl, Kollmann* und neuerdings von *Henle* vertreten worden. Nach ihr entstehen die Vasa recta aus dem Zusammenfluss eines Theiles jener Capillargefässchen, welche die Markstrahlen einnehmen; sie würden somit nicht den Charakter von Arterien besitzen, sondern müssten, als zwischen zwei Capillarsystemen eingeschaltete Gefässe, am ehesten mit Pfortaderstämmchen in eine Reihe gestellt werden. Ich konnte mich von einem derartigen Vorkommen niemals sicher überzeugen.

Das *Capillarnetz* der Niere ist, soweit es in der Marksubstanz und in den Markstrahlen der Rinde sich ausbreitet, ein vollkommen einheitliches und durch verhältnissmässig enge Capillarröhrchen, sowie durch langgestreckte Maschenräume ausgezeichnet. Während es aber im Bereiche der Marksubstanz unvermittelt in die Wurzeln der Venen übergeht, setzt sich im Gebiete der Rindensubstanz das Capillarnetz der Markstrahlen zunächst zwischen die gewundenen Harnkanälchen hinein fort, wo es in soferne seinen Charakter ändert, als die Capillar-

röhrchen weiter und kürzer werden, die Maschenräume zwischen ihnen kleiner und mehr rundlich sich gestalten. Da nun die Venen der Rinde sämmtlich in den letzteren Capillaren wurzeln, so pflegt man diese wohl auch als *venöse Capillaren* denen der Markstrahlen (*arterielle Capillaren*) gegenüber zu stellen.

Die Anfänge der *Venen* sind demzufolge an zwei verschiedenen Stellen zu suchen: einmal in der Marksubstanz, und zwar in der Region der Papillen, wo sich aus den langgestreckten Capillaren um die Ductus papillares herum ein weitmaschiges, venöses Netz entwickelt, dessen Abzugsröhrchen längs den geraden Harnkanälchen gegen die Basis der Markpyramide hinziehen und sich in der Grenzschichte büschelförmig zu grösseren Venenstämmchen sammeln. Andererseits gehen an der Oberfläche der Rinde aus den Capillaren des Cortex corticis kleine Venenwürzelchen hervor, die sich von allen Seiten her in den Interstitien der Rindenläppchen zusammenfinden und den *Venae interlobulares* den Ursprung geben. Die Stellen, wo dieser Zusammenfluss erfolgt, sind an blutreichen, frischen Nieren von der Oberfläche her erkennbar; auf sie bezieht sich der alte Terminus: *Stellulae Verheyenii*, da die Venenwurzeln radienartig gegen die Venenstämmchen gerichtet erscheinen. Die Venae interlobulares begeben sich nun an der Seite der gleichnamigen Arterien zwischen den Rindenläppchen nach der Tiefe, nehmen noch während dessen einzelne, aus den venösen Capillaren hervorgegangene Venenwurzeln auf und senken sich an der Grenze zwischen Mark und Rinde in die früher beschriebenen, grösseren, bogenförmigen Venenstämme ein. Die letzteren nehmen ausserdem die Venulae rectae der Marksubstanz auf.

Es verdient schliesslich noch die, von *Ludwig* zuerst bemerkte Thatsache hervorgehoben zu werden, dass die feinen Gefässausbreitungen der Nierenkapsel sowohl mit den Gefässen des Parenchymes, als auch mit denen des umliegenden Fettgewebes in vielfachem Zusammenhang stehen. Es wird dadurch die Entwicklung eines theilweisen Collateralkreislaufes in der Niere bei etwaigem Verschluss der Arteria renalis möglich gemacht.

Ueber *die Lymphgefässe* der Niere besitzen wir nur sehr lückenhafte Kenntnisse. Sicher ist soviel, dass in der fibrösen Kapsel sich ein weitmaschiges Lymphgefässnetz ausbreitet, welches zum Theile seinen Zufluss aus dem Parenchym erhält. Sicher ist ferner, dass im Sinus renalis mehrere klappenführende Lymphgefässstämme sich finden, welche aus dem Inneren der Niere hervorkommen. Betreffend das Verhalten der Lymphbahnen in dem Nierenparenchym selbst besitzen wir nur spärliche genauere Angaben. Nach *Ludwig* und *Zawarykin*, welche sie beim Hunde untersucht haben, soll sich die Lymphe in

wandungslosen Räumen zwischen den Harnkanälchen und Blutgefässen bewegen, und zwar wird angeführt, dass solche Räume zwischen den gewundenen Kanälchen sehr zahlreich, in den Markstrahlen und in den Markpyramiden nur sehr spärlich vorkommen. *Ryndowsky* hingegen fand bei Pferd und Hund zahlreiche, wahre Lymphgefässe mit endothelialer Wandung, welche die Harnkanälchen mit rhombischen Maschen umstricken und selbst mit den Vasa afferentia in die *Malpighi'schen* Körperchen eindringen sollen. Die *Ludwig'schen* Lymphräume erkennt er nicht als solche an.

Die *Nerven* der Nieren sind ebenfalls noch wenig erforscht. Den dünnen Nervenstämmchen, welche im Sinus renalis die Blutgefässe umspinnen, sind nach *Krause* einzelne Gruppen von Ganglienzellen beigegeben. Die Nerven selbst halten sich im Bereiche der grösseren Arterienstämmchen und an die Ramifikation derselben. *W. Krause* konnte marklose Fasern bis gegen die Spitze der Papille hin verfolgen. Die Endigung derselben ist unbekannt.

2) Die ableitenden Harnwege.

Der Ureter und das Nierenbecken. Beide lassen an Durchschnitten ihrer Wandung eine dreifache Schichtung erkennen: nach innen zu die Schleimhaut, darauf folgend die Muskelschichte und endlich eine äussere bindegewebige Faserhaut.

Die *Schleimhaut* ist im Bereiche des Ureter in mehrere Längsfalten gelegt, und besitzt eine aus zellenreichem, feinfaserigem Bindegewebe gebildete Tunica propria, deren Uebergang in die lockere Submucosa ganz allmälig, ohne scharfe Grenze erfolgt. Das Epithelium stellt jene Abart des geschichteten Pflasterepithels vor, welche von *Henle* mit dem Namen des *Uebergangs-Epitheliums* bezeichnet worden ist. Man kann an demselben im Allgemeinen drei verschiedene Zellenlagen unterscheiden: eine tiefe, aus rundlichen oder ellipsoidischen, verhältnissmässig kleinen Zellen bestehende, dann eine mittlere, durch kegel- oder kolbenförmige Zellen ausgezeichnete Lage, und endlich an der freien Oberfläche eine oder mehrere Schichten von linsenförmigen oder ganz abgeplatteten Zellen. Alle sind mehr weniger deutlich granulirt, die der mittleren und oberflächlichen Lage mit verschiedenartigen, längeren oder kürzeren Fortsätzen versehen, welche sie in die Zwischenräume der benachbarten Zellen hineinsenden. Nicht selten enthalten sie zwei oder auch mehrere Kerne. Drüsige Einlagerungen enthält die Schleimhaut beim Menschen nur sehr spärlich im Bereiche des Nierenbeckens und zwar in Gestalt vereinzelter, kleiner,

traubenförmiger Drüschen. Bei einzelnen Thieren (Pferd) sind dort solche in grosser Zahl gefunden worden. *Hamburger* beschreibt auch für den menschlichen Ureter zerstreute Gruppen kleiner Drüschen, und zwar sollen sie in grösserer Zahl in dem oberen, in geringerer in dem unteren Abschnitte sich finden. Ich selbst habe bei erneuter Untersuchung nichts davon gesehen. Nach demselben Autor sollen in der Schleimhaut des menschlichen Nierenbeckens stellenweise Ansammlungen lymphoider Zellen (Lymphfollikel?) vorkommen. Auch in dieser Hinsicht hatte ich, so wie *Chiari,* an dem normalen menschlichen Ureter und Nierenbecken nur negative Befunde.

Fig. 146.

Querdurchschnitt durch den Ureter des Menschen (in dem unteren Dritttheil). (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

Die Anordnung der *Muskulatur*, bezüglich deren mehrere divergirende Angaben vorliegen, habe ich am menschlichen Ureter constant derart gefunden, dass der Hauptsache nach zwei Schichten, eine innere mit längslaufenden und eine äussere mit circulären Fasern unterschieden werden können. (Fig. 146.) Die Mächtigkeit der beiden Schichten ist nicht überall gleich, doch wiegt im Allgemeinen die Längsschichte vor; beide sind übrigens dadurch ausgezeichnet, dass die Muskelbündel, welche sich mitunter netzartig verflechten, nicht eine völlig geschlossene Lage bilden, sondern von reichlichem Zwischenbindegewebe durchsetzt sind. Nebst diesen beiden Muskelschichten findet man in dem unteren Dritttheile des Ureter jedesmal, nach aussen von der Ringfaserschichte, längslaufende Bündel glatter Muskelfasern, welche jedoch ziemlich zerstreut liegen und niemals eine zusammenhängende Schichte bilden. In der oberen Hälfte des Ureter fehlen sie fast gänzlich.

Die *äussere Faserhaut* ist aus ziemlich lockerem Bindegewebe geformt und trägt die gröberen Ramifikationen der Blutgefässe und Nerven.

Einer besonderen Erwähnung bedarf noch die Art und Weise, wie sich das Nierenbecken, beziehungsweise die Kelche, in dem Sinus renalis an die Markpyramiden anfügen. Indem die letzteren zum Theile frei in den Hohlraum der Nierenkelche hineinragen, fällt die Ansatzstelle nahe an die Circumferenz der Pyramidenbasis. Von dieser aus schlägt sich die Schleimhaut als eine dünne Ueberkleidung auf die freie Oberfläche der Pyramide herüber, während die Muskelschichte an der genannten Stelle ihr Ende findet und zwar so, dass zunächst die längslaufenden Fasern verschwinden, während die circulären Fasern sich noch erhalten, und um die Basis der Pyramide herum eine Art von Ringmuskel *(Henle)* bilden, dessen Entwicklung übrigens vielen individuellen Schwankungen unterliegt. Die äussere Faserhaut der Nierenkelche geht in jenes Bindegewebe über, welches den Sinus renalis ausserhalb der Kelche bekleidet.

In Betreff der *Blut-* und *Lymphgefässe* ist zu bemerken, dass die Schleimhaut des Ureter und des Nierenbeckens ziemlich reich an ihnen ist, und dass in der Tunica propria beiderlei Gefässe ein capillares Netzwerk mit rundlichen Maschen darstellen; die letzteren sind an den Netzen der Lymphgefässe beträchtlich weiter, als an denen der Blutcapillaren.

Die *Nerven* finden vorwiegend ihre Ausbreitung in der Muskelschichte, jedoch konnte *Engelmann* auch vereinzelte Fasern in der Schleimhaut bis gegen das Epithel hin verfolgen.

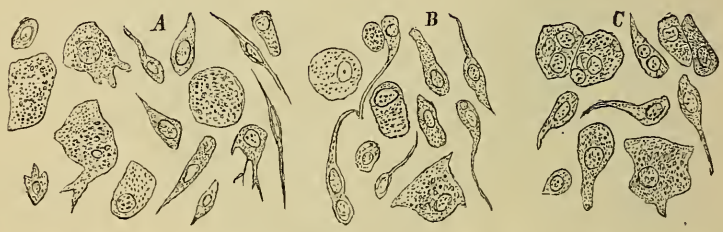
Die Harnblase. Ihre *Schleimhaut* gleicht mit Bezug auf den feineren Bau im Wesentlichen der der Ureteren. Bemerkenswerth ist das neuerdings wieder durch *Weichselbaum* constatirte Vorkommen von adenoidem Gewebe an verschiedenen Stellen der normalen menschlichen Harnblase. Es erscheint theils in Form von circumscripten Follikeln, theils in mehr diffusen, grösseren und kleineren Herden.

In Rücksicht auf praktische Zwecke kann nicht genug hervorgehoben werden, dass das Epithelium der Harnblase, sowohl in seiner Gesammtanordnung, als auch nach den Einzelformen der Zellen vollkommen mit dem der Ureteren und des Nierenbeckens übereinstimmt. Es ist daher ganz unthunlich, von Epithelialzellen, welche etwa in Folge krankhafter Zustände der harnleitenden Organe dem ausgeschiedenen Harne beigemengt sind, aussagen zu wollen, aus welchem Abschnitte derselben sie herstammen. Die nachstehende Abbildung (Fig. 147) zeigt die verschiedenen Formen dieser Zellen, wie sie an frischen menschlichen Objekten leicht durch Isolirung zur Ansicht kommen.

Die *Muskulatur der Harnblase*, ausschliesslich aus glatten Elementen bestehend, zeigt eine ziemlich verwickelte Anordnung. Die

Fasern sind zu schmalen, platten Bündeln geordnet, welche zwar auf weite Strecken hin verfolgt werden können, aber durch häufige Abzweigungen von Fasern und Aufnahme anderer Fasern aus benachbarten Bündeln ein mitunter schwer entwirrbares Strickwerk herstellen. Beim Menschen kann man im Allgemeinen drei Schichten unterscheiden, von welchen die äussere aus längslaufenden, die mittlere aus circulären und die innere wieder aus der Länge nach ziehenden Muskelbündeln besteht. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass die Sonderung dieser Schichten keineswegs eine durchgreifende ist, indem einerseits zwischen den verschiedenen Schichten stellenweise reichliche Anastomosen der Muskelbündel vorkommen, andererseits aber die Verlaufsrichtungen selbst stärkerer Muskelbündel einer und derselben Schichte mehr oder weniger gegen einander geneigt sind.

Fig. 147.



Isolirte Epithelzellen der ableitenden Harnwege aus der frischen Leiche eines 22jährigen Mannes. (Zupfpräparat mit Zusatz von 1 Proz. Kochsalzlösung.)

A. Aus dem Scheitel der Harnblase.
B. Aus der Mitte des Ureter.
C. Aus einem Nierenkelche. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 2.)

Bezüglich der Einzelnheiten in der Anordnung der Muskelbündel möge Einiges aus den Mittheilungen *Th. Jurié's*, dessen lehrreiche Präparate ich aus eigener Anschauung näher kenne, hier seinen Platz finden.

Die *äussere Längsfaserschichte* tritt an der vorderen und hinteren Wand der Blase in compacteren Massen auf. Die Bündel der vorderen Wand ziehen im Allgemeinen vom Blasenhals nach aufwärts gegen den Scheitel; daselbst gehen die median gelegenen in die Chorda vesico-umbilicalis media über, während die mehr seitlichen Bündel in engeren und weiteren Bogen umbiegen, so dass sie das genannte Band schlingenförmig umfangen. Nach abwärts zu drängen sich die vorderen Längsbündel näher an einander, gehen theils in die Prostata ein, theils an den muskulösen Theil der Harnröhre; ein anderer Theil aber zieht sich von der Blase weg an die Ligamenta pubo-prostatica und lässt sich in denselben bis an das Schambein verfolgen. — Die äusseren Längsbündel der hinteren Blasenwand bilden ebenfalls Schlingen um

die Chorda vesico-umbilicalis media, welche aber von denen der vorderen Längsbündel bedeckt werden und mit den unterliegenden, circulären Bündeln netzartig verflochten sind. Nach abwärts zu convergiren sie gegen den oberen Rand der Prostata und senken sich, nachdem sich einige von ihnen überkreuzt haben, ebenfalls in die letztere ein. (Beim Weibe ziehen diese Bündel in das Septum urethro-vaginale.) An den Seitenwänden der Blase bleibt ein kleiner Abschnitt von äusseren Längsbündeln frei, so dass die Querschichte oberflächlich zu Tage tritt.

Die Richtung der circulären Bündel der *mittleren Muskelschichte* ist im Allgemeinen derart, dass sie an der hinteren Blasenwand nach vorne und unten und an der vorderen Wand nach hinten und unten geneigt sind, so dass sie sich vielfach in schiefen Winkeln durchkreuzen. Gegen das Orificium urethrae hin verlaufen die circulären Bündel mehr wagrecht und ziehen sich als *Sphincter vesicae internus* auf den Anfangstheil der Urethra fort, wo sie durch straffes, mit reichlichen elastischen Fasern vermengtes Bindegewebe zu einer dichten Masse verbunden sind. Von der seitlichen Blasenwand schlagen sich einzelne der circulären Bündel auf die Ureteren über, wo sie als äussere Längsfasern eine Strecke weit verlaufen.

Die *innere Längsfaserschichte* ist die schwächste; ihre Bündel sind am Scheitel der Blase am dichtesten gedrängt und an dieser Stelle netzartig durchflochten. Die Mehrzahl von ihnen schlägt sich an der vorderen Wand der Blase herunter und zwar gehen die median gelegenen in den muskulösen Theil der Harnröhre über; die mehr seitlichen hingegen beugen nach rückwärts um, bilden Bogentouren um den Blasengrund und verschmelzen dort mit den circulären Bündeln. An der hinteren Blasenwand sind die inneren Längsbündel spärlich vertreten und reichen nur bis etwa zur Mitte derselben herab.

Das *Trigonum vesicae* (*Lieutaudii*) besitzt, namentlich in seinem queren, zwischen beiden Uretermündungen gelegenen Wulst, reichliche Muskelfaserbündel, welche zum Theil mit den circulären, zum Theil aber auch mit den inneren Längsbündeln zusammenhängen.

Mit Bezug auf *Gefäss-* und *Nerven-Ausbreitung* kann auf das bei dem Ureter Mitgetheilte verwiesen werden. Die Lymphgefässe begleiten nach den Ermittlungen von *G.* und *Fr. Hoggan* in Form von lang gezogenen Schleifen die kleinen Blutgefässe, welche in dem submucösen Bindegewebe verlaufen. Ihren Abfluss finden sie durch stärkere Stämmchen, sowohl gegen den Blasenhals, als auch gegen die Chorda vesico-umbilicalis media. Bezüglich der Nerven ist hervorzuheben, dass an den Stellen, wo ihre Stämmchen in die Wandung der Blase eintreten, mehrfach kleinere und grössere Anhäufungen von Ganglienzellen vorkommen.

An der *weiblichen Harnröhre* ist die Schleimhaut und die derselben aussen aufgelagerte Muskelschichte zu unterscheiden. Die Tunica propria besteht aus feinfaserigem, fibrillärem Bindegewebe mit reichlich eingestreuten, rundlichen und spindelförmigen Zellen und spärlichen elastischen Fasern. An der Oberfläche trägt sie zahlreiche, gegen das Orificium externum hin besonders stark entwickelte Papillen. Das Epithel ist in den obersten Abschnitten dem der Harnblase ähnlich, im Uebrigen ein geschichtetes Pflasterepithel. Drüsige Einlagerungen sind sehr spärlich; sie haben die Beschaffenheit der unten zu beschreibenden *Littre'schen* Drüsen.

Die Muskulatur der weiblichen Harnröhre besteht aus einer inneren, längslaufenden Lage von glatten Fasern und aus einer äusseren, circulären Schichte. In der letzteren sind die Fasern, welche unmittelbar der Längsschichte sich anreihen, glatte, die mehr nach aussen gelegenen aber quergestreifte. Die ganze mächtig entwickelte Muskulatur der Harnröhre ist in straffes, mit reichlichen, elastischen Fasernetzen durchsetztes Bindegewebe eingebettet, und durch dieses zu einer derben Masse vereinigt.

Die weibliche Harnröhre ist sehr reich an Blutgefässen. Dieselben bilden in der Schleimhaut ein dichtes Capillarnetz, von welchem aus Schlingen in die Papillen eintreten. Die Venen, welche aus demselben hervorgehen, bilden am Grunde der Schleimhaut ein stark entwickeltes Geflecht mit vorzugsweise der Länge nach ziehenden, weiten Stämmchen.

Die *männliche Harnröhre* zeigt, entsprechend ihren verschiedenen Abschnitten, nach mancher Richtung besondere Eigenthümlichkeiten in dem Bau ihrer Wandungen. Dieselben betreffen insbesondere die Form des Epithels, die Beschaffenheit und Anordnung der Muskulatur und endlich die Einlagerung weiter Venengeflechte in der Submucosa. Die Tunica propria der Schleimhaut selbst ist allerwärts ziemlich gleichmässig aus einem zellenreichen, mit elastischen Fasernetzen durchsetzten Bindegewebe aufgebaut, an bestimmten Stellen mit glatter Oberfläche, an anderen aber mit Papillen versehen.

Das *Epithel* der Harnröhre ist in dem cavernösen und noch eine Strecke weit in den häutigen Theil hinein ein einschichtiges Cylinderepithel, ausgezeichnet durch die spitz ausgezogenen Basalenden der Cylinderzellen und durch zahlreiche, zwischen diesen eingestreute Ersatzzellen.

In dem häutigen Theil wird das Epithel mehrschichtig, indem es in eine Formation übergeht, welche dem Epithel der Harnblase ähnlich ist. Dies geschieht dadurch, dass oberflächlich zwischen den Cylinderzellen keulenförmige oder nagelförmige Zellen auftreten, deren verbreitertes Ende gegen die Lichtung der Harnröhre zugewendet ist,

während die so in zweite Schichte gedrängten Cylinderzellen sich zu langen, schmalen Spindeln umwandeln. Aus den früher erwähnten Ersatzzellen entwickelt sich eine continuirliche Lage rundlicher oder birnförmiger Zellen, welche in tiefster Schichte gelegen sind. Dieser Uebergang erfolgt, wie es scheint, nicht bei allen Individuen an genau entsprechender Stelle, im Allgemeinen an der unteren Wand der Harnröhre etwas später als in den seitlichen und oberen Partheien derselben. In dem prostatischen Theile der Harnröhre ist das Epithel nicht mehr wesentlich von dem der Harnblase verschieden. Eine Epithelformation, welche völlig dem Charakter des geschichteten Pflasterepithels entspricht, wie sie von *E. Klein* für gewisse Stellen der Pars prostatica und membranacea beschrieben wird, habe ich in der männlichen Harnröhre niemals gesehen, mit Ausnahme am Orificium externum, von wo es sich in die Fossa navicularis und deren nächste Umgebung hereinzieht. Möglich ist übrigens, dass auch hierin individuelle Verschiedenheiten vorkommen.

In allen den Bezirken, wo das Epithel der Harnröhre deutlich geschichtet ist, trägt die Schleimhautoberfläche Papillen, und zwar sind dieselben in der Fossa navicularis zahlreich und sehr stark entwickelt, in der Pars prostatica spärlicher und ziemlich klein.

Drüsige Einlagerungen kommen im ganzen Bereiche der Harnröhre, und zwar in den rückwärtigen Partheien etwas zahlreicher, als in den vorderen, unter dem Namen der *Littre'schen Drüsen* vor. Dieselben sind im Allgemeinen nach dem acinösen Typus gebaut, aber durch lang gezogene, häufig geschlängelte Ausführungsgänge und durch spärliche, blinddarmförmige Acini ausgezeichnet; die Secretionszellen sind cylindrisch. Ihre Lagerstätte ist das submucöse Bindegewebe, doch greifen sie mitunter in die Muskelschichte über. Unter der Bezeichnung „Lacunen" der Harnröhre versteht man kleine, blind endigende, grubige Vertiefungen ihrer Oberfläche, in welchen mitunter Ausführungsgänge von *Littre'schen* Drüsen münden.

In dem prostatischen Theile trägt die Schleimhaut zahlreiche Oeffnungen für die Mündungen der Glandula prostatica.

Ueber die zur männlichen Harnröhre gehörige *Muskulatur* ist folgendes zu bemerken. In der Pars prostatica folgt auf das submucöse Bindegewebe eine Schichte glatter, der Länge nach geordneter Muskelfasern, welche in der Gegend des Colliculus seminalis stärker gehäuft sind. Nach der Peripherie hin, wo die Sphincteren der Blase sich anschliessen, vermengen sich die circulären Fasern derselben mit den Längsbündeln, und da der Sphincter vesicae externus aus quergestreiften Fasern besteht, gehen auch solche theilweise in die Wand der Harnröhre ein.

Die Pars membranacea besitzt eine Muskelhaut aus vorwiegend circulär angeordneten, glatten Fasern, mit welchen sich nach aussen zu die quergestreiften Fasern des Diaphragma uro-genitale innig verflechten. Längslaufende Muskelbündel, aus glatten Fasern bestehend und durch starke bindegewebige Septa von einander getrennt, sind zwischen der circulären Lage und der Submucosa eingeschoben.

Verhältnissmässig spärlich ist die Muskulatur der Pars cavernosa urethrae. Es findet sich da nur im hintersten Theile eine, aus der Pars membranacea sich fortziehende Ringmuskelschichte, welche bald sehr dünn und von weiten Venenräumen durchbrochen wird und sich endlich völlig verliert. Weiter nach vorne sind nur vereinzelte, bald längs, bald schief verlaufende Muskelbündel der Wand der Urethra aufgelagert.

In Betreff *der Blutgefässe* ist zu bemerken, dass das Capillarnetz der Schleimhaut ein sehr reichliches ist und dicht unter der Epithelschichte seinen Sitz hat. Wo Papillen vorkommen, erhält jede derselben eine Gefässschlinge. Die Venen, welche aus dem Capillarnetze hervorgehen, bilden in der Submucosa ein dichtes Maschenwerk verhältnissmässig weiter und vorwiegend in der Längsrichtung geordneter Röhrchen, welche in der Pars prostatica und membranacea eine Art von Schwellnetz darstellen und auch in dem cavernösen Theile als solches von dem eigentlichen Schwellkörper der Urethra zu unterscheiden sind (*Langer*).

Die *Lymphgefässe* bilden in der Schleimhaut der Harnröhre ein weitmaschiges Capillarnetz, welches tiefer als das Netz der Blutcapillaren gelegen ist.

Ueber Anordnung und Endigung der Nerven ist nichts Näheres bekannt.

Anhang.

Die Nebennieren.

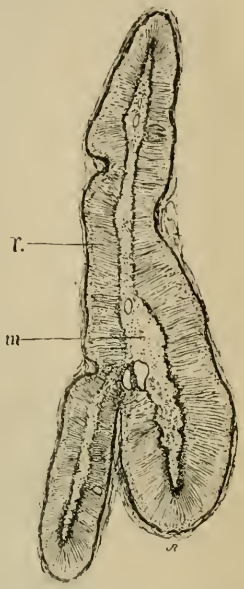
Beim Menschen und bei den Säugethieren zeigt die Nebenniere an Durchschnitten schon für das freie Auge eine Sonderung des Parenchymes in zwei scharf getrennte Abtheilungen, von denen die eine die Peripherie, die andere die centralen Parthieen des Organes einnimmt (Fig. 148). Die erstere, die *Rindensubstanz*, ist ziemlich consistent, von deutlich radiärstreifigem Bruch und hellgelber Farbe. Sie ist beim Menschen durch einen gelbbraunen Streif (Zona reticularis) von der centralen Parenchymmasse, der *Marksubstanz*, getrennt. Die letztere

besitzt eine mehr gleichartige Beschaffenheit und röthlich graue Farbe; sie hat die Eigenschaft, sich durch Einwirkung von Chromsäure und chromsauren Salzen intensiv braun zu färben.

Mit Bezug auf den feineren Bau der Nebenniere ist zunächst ein *bindegewebiges Gerüst* und ein *zelliges Parenchym* zu unterscheiden.

Das erstere zerfällt in eine die Oberfläche des Organes überziehende, zarte, fibröse Haut und in ein Trabekelsystem, welches sich von dieser abzweigt und ebenso in der Rinde, als wie in der Marksubstanz, ein vieltheiliges Fachwerk herstellt. Von der Innenfläche der Kapsel treten diese Bindegewebsbälkchen in senkrechter Richtung ab und ziehen radiär durch die ganze Rinde. Auf dieser Strecke senden sie sich gegenseitig zahlreiche, feine anastomotische Bälkchen zu. An der Grenze zwischen Mark und Rinde lösen sich die radiären Trabekel in ein zartes Flechtwerk auf, welches sich mit rundlichen Maschen durch die ganze Marksubstanz ausbreitet.

Fig. 148.



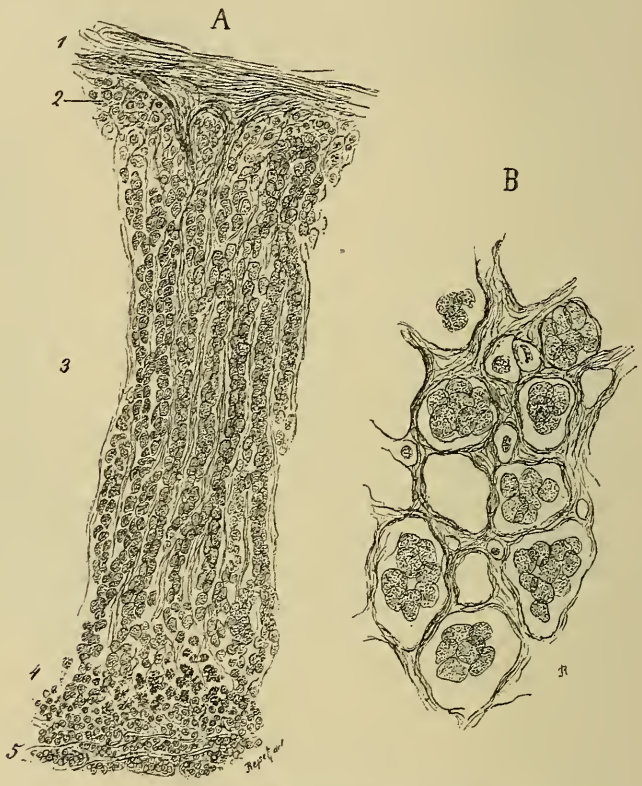
Horizontaler Durchschnitt durch die menschliche Nebenniere. 3mal vergrössert.
r. Rindensubstanz, m. Marksubstanz.

Die Elemente des *zelligen Parenchyms* sind von verschiedener Gestalt und Beschaffenheit. Im Bereiche der Rinde kommen zumeist grosse, polyedrische, mit zahlreichen, feinen Körnchen, häufig auch mit kleinen Fetttröpfchen durchsetzte, hüllenlose Zellen vor, deren Grenzen mitunter nur schwer oder gar nicht erkannt werden können. An Zupfpräparaten findet man sie gewöhnlich in mannigfacher Weise zertrümmert, daneben auch frei herumschwimmende Kerne. Nebst diesen Zellenformen enthält die Rindensubstanz auch kleinere, cubische oder auch cylinderähnliche oder spindelförmige Zellen (letztere insbesondere reichlich beim Pferd und in den oberflächlichsten Rindenschichten) in wechselnder Zahl. Die Zellen der Zona reticularis enthalten braunes, körniges Pigment.

Die zelligen Elemente der Marksubstanz sind durchschnittlich grösser, als wie die der Rinde, ihr Körper nicht so stark granulirt, der Kern häufig doppelt vorhanden. Ihre Form ist im Allgemeinen kugelig oder vieleckig, nicht selten durch längere oder kürzere Fortsätze ganz unregelmässig sternförmig. Von den Zellen der Rinde unterscheiden sie sich ausserdem durch ihre geringere Resistenz gegen die Einwirkung kaustischer Alkalien und durch ihre auffallende Färbung in chromsäurehaltigen Flüssigkeiten.

Bemerkenswerth ist, dass die Parenchymzellen der Nebennieren, trotzdem sie, ihrem äusseren Ansehen nach, grosse Aehnlichkeit mit Drüsenzellen besitzen, wahrscheinlich bindegewebiger Natur sind. *v. Brunn*, nach dessen Untersuchungen sie aus dem mittleren Keimblatte herzuleiten sind, hält sie für modificirte Adventitialzellen der

Fig. 149.



A. Durchschnitt der Nebenniere senkrecht zur Oberfläche. Carmintinction. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)
1. Aeussere Bindegewebskapsel, 2. Zona glomerulosa, 3. Zona fasciculata, 4. Zona reticularis, 5. Marksubstanz.
B. Durchschnitt der Rinde der Nebenniere durch die Zona fasciculata, parallel zur Oberfläche. (Hartnack, Syst. VIII, Ocul. 3.)

Blutgefässe, und zwar hauptsächlich gestützt auf das Vorkommen von spindelförmigen Zellen, deren Ausläufer sich in den Bindegewebssepten verlieren.

Die *Anordnung* der Parenchymzellen ist für Rinde und Mark eine verschiedenartige, ja selbst im Bereiche der ersteren nicht durchwegs dieselbe. Mit Rücksicht darauf unterscheidet man seit *J. Arnold drei Zonen der Rinde*, von denen eine schmale, oberflächliche als *Zona glomerulosa*, eine mittlere breitere als *Zona fasciculata* und eine innere

als *Zona reticularis* bezeichnet wird (Fig. 149 A). In der Zona glomerulosa sind die Parenchymzellen zu grösseren oder kleineren, rundlichen Gruppen geordnet, welche durch bindegewebige Septa von einander getrennt sind. Bei manchen Thieren (Katze, Kaninchen) fehlt diese Schichte vollständig. Die Zona fasciculata zeigt an Schnitten, welche quer durch das Organ geführt worden sind, die Parenchymzellen zu langen, radiär gestellten Reihen geordnet, und zwischen ihnen der Länge nach die bindegewebigen Trabekel verlaufend. Eine jede dieser Zellenreihen enthält der Quere nach zwei oder drei Zellen. Hat man Schnitte parallel der Oberfläche des Organes durch die Zona fasciculata angefertigt, so kann man sich überzeugen, dass die Parenchymzellen diesen Reihen entsprechend zu cylindrischen, abgeplatteten oder hohlrinnenartigen Strängen zusammengefügt sind, welche rings von einer bindegewebigen Scheide eingeschlossen sind (Fig. 149 B). Es bleiben jedoch nicht alle diese „Rindencylinder" völlig isolirt, vielmehr kommt es häufig vor, dass zwei derselben sich vereinigen, sei es, dass sie an der Oberfläche in einander umbiegen, sei es, dass sie in ihrem Verlaufe nach einwärts unter spitzen Winkeln zusammenfliessen. Die Zona reticularis ist ausgezeichnet durch den Pigmentgehalt ihrer Zellen und durch die ganz diffuse Einlagerung derselben in den Räumen des Trabekelsystems.

Ebenso ohne regelmässige Anordnung sind die zelligen Elemente in der *Marksubstanz* vertheilt, indem sie allerwärts, entweder einzeln, oder in Gruppen von zwei bis drei, die rundlichen Lücken des bindegewebigen Stromas ausfüllen.

Die Blutgefässe der Nebennieren. Die Arterien treten von mehreren Seiten (aus der Art. renalis und Art. phrenica inferior, sowie direkt aus der Aorta) an die Nebenniere heran und zerfallen bereits in dem umhüllenden Bindegewebe in viele kleinere Zweigchen. Diese senken sich, allenthalben zerstreut, in die Rindensubstanz ein und durchziehen dieselbe in radiärer Richtung, sich an die Bindegewebssepta haltend. Das Capillarsystem, welches sich aus ihnen entwickelt, steht durch die ganze Rinde in ununterbrochenem Zusammenhang und umgreift die Formationen der Parenchymzellen. In der Zona fasciculata bildet dasselbe langgestreckte, in der äusseren und inneren Rindenschichte aber rundliche Maschenräume. An der Grenze der Marksubstanz gehen die Capillaren in weite, dünnwandige, venöse Gefässchen über, welche im ganzen Bereiche des Markes ein dichtes Netzwerk bilden und schliesslich zu einer grösseren Vene sich sammeln, welche als Vena suprarenalis in der medianen Furche des Organes verläuft und sich gewöhnlich direkt in die untere Hohlvene ergiesst. Andere, aber viel kleinere Venenstämmchen sammeln sich im Bereiche der Rinde

und der äusseren Kapsel und begleiten in ihrem weiteren Verlaufe die zuführenden Arterien.

Ueber *Lymphgefässe* der Nebenniere ist nichts bekannt.

Die zahlreichen *Nerven* der Nebenniere, den N. splanchnici und dem Plexus coeliacus entstammend, dringen mit den arteriellen Gefässchen in das Parenchym ein und können allerwärts in den radiären Bindegewebssepten bis in die Marksubstanz verfolgt werden, in welcher sie einen dichten Plexus bilden. Beziehungen derselben zu den Parenchymzellen sind nicht bekannt. Hervorzuheben ist die grosse Zahl von Ganglienzellen, welche sich theils im Marke, theils auch in der bindegewebigen Hülle (*v. Brunn*) nachweisen lassen. An dem letzteren Orte sind sie meist zu Gruppen vereinigt, an dem ersteren hingegen mehr zerstreut gelagert. In der Marksubstanz sind sie dadurch leicht von den Parenchymzellen zu unterscheiden, dass sie sich in Chromsäure nicht tingiren.

VIII. Kapitel.

Der Geschlechts-Apparat.

A. Die männlichen Geschlechtswerkzeuge.

1) Das männliche Geschlechtsprodukt (Samen, Sperma).

Der auf natürlichem Wege entleerte Samen der Säugethiere und des Menschen besteht aus einer alkalischen, eiweisshaltigen, an der Luft gelatinirenden Flüssigkeit und aus geformten, mit selbständiger Bewegungsfähigkeit begabten Elementen — den *Samenfäden* (*Spermatozoën, Spermatofilen*). So stellt er ein Gemenge aus dem Secrete des Hodens und Nebenhodens, der Samenblasen und wahrscheinlich auch der *Cowper'schen* Drüsen dar. Das reine Produkt der Geschlechtsdrüse, wie man es aus dem Nebenhoden gewinnen kann, enthält die Samenfäden und nur eine äusserst geringe Menge von Flüssigkeit.

Die Samenfäden sind langgestreckte, im Allgemeinen stecknadelähnliche Gebilde, welche bei verschiedenen Thierarten sowohl nach den Dimensionen, als auch nach den Details ihrer Formen sehr erhebliche Variationen zeigen. Man unterscheidet an ihnen den *Kopf*, das *Mittelstück* und den *Schweif*.

Bei den menschlichen Samenfäden, welche allein hier berücksichtigt werden sollen, ist der *Kopf* birnförmig gestaltet (Fig. 150),

jedoch etwas abgeplattet, mit nach vorne gerichtetem, schmälerem Ende; er ist ausgezeichnet durch völlig homogene Beschaffenheit und durch einen eigenthümlichen, fettähnlichen Glanz. An ihn schliesst sich, jedoch scharf abgesetzt, das drehrunde *Mittelstück* an, welches, von vorne nach rückwärts sich allmälig verschmächtigend, in den Schweif übergeht; eine scharfe Grenze zwischen dem ersteren und letzteren ist nicht immer, häufig aber durch eine feine Querlinie gegeben. Der *Schweif* stellt einen langen, fadenförmigen, in eine feine Spitze auslaufenden Anhang des Mittelstückes dar. Um ihn ist bei manchen Thieren ein feiner Faden in langen Spiraltouren herumgeschlungen, für welchen die Bezeichnung *Spiralsaum* eingeführt worden ist; er ist nach Analogie mit den Samenfäden der Salamandrinen, an welchen er in besonderer Schönheit zu finden ist, als der verdickte Rand einer schmalen, zarten, glashellen Membran aufzufassen, welche dem Schweif der ganzen Länge nach anhaftet (*Flossenmembran*). In neuerer Zeit ist durch *Gibbes* auch für die menschlichen Samenfäden ein Spiralsaum beschrieben und durch *W. Krause* bestätigt worden. Indessen hat *Retzius* sein Vorkommen bei menschlichen Samenfäden wieder entschieden in Abrede gestellt.

Der Kopf misst 3—5 μ in der Länge, 1·8—3·3 μ in der Breite, das Mittelstück ungefähr 6 μ in der Länge und 0·7—1 μ in der Breite, der Schweif 40—50 μ in der Länge. In frischem Zustande zeigen sich die Samenfäden in fortwährender, lebhafter Bewegung begriffen, vorausgesetzt, dass die Consistenz und die chemische Beschaffenheit der umgebenden Flüssigkeit kein Hinderniss dagegen bieten. Die active Bewegungsfähigkeit kommt allein dem Schweife zu, welcher in wellenförmigen, von vorne nach rückwärts laufenden Biegungen sich hin und her schlängelt. Kopf und Mittelstück werden in Folge dessen passiv in eine eigenthümliche, drehende und bohrende Bewegung versetzt, während der ganze Samenfaden, mit dem Kopfe voran, sich vorwärts schiebt.

In ihrem natürlichen Medium bewahren die Samenfäden auf sehr lange Zeit ihre Lebensfähigkeit, ja man hat sie an menschlichen Leichen noch 24 Stunden und länger nach dem Tode erhalten gesehen *). Die grösste Intensität erlangt die Bewegung, wenn frisch entleerter Samen durch Jodserum oder auch 1 Proz. Kochsalzlösung etwa zur Hälfte verdünnt wird. Aus dem Vas deferens, wo die Samenfäden in dichten Massen beisammen liegen, entnommen und ohne Zusatzflüssigkeit auf den Objektträger gebracht, zeigen sie sich völlig regungslos, und erst nach Zusatz der genannten Flüssigkeiten beginnen sie ihre Bewegungen. Dieselben erhalten

*) Mündlicher Mittheilung zufolge hat Prof. *Maschka* wiederholt bei Obductionen, welche 48 Stunden nach dem Tode vorgenommen worden waren, und in einem Falle selbst im Laufe des dritten Tages noch, einzelne Samenfäden in typischer Bewegung gefunden, während die grosse Mehrzahl derselben regungslos war.

sich übrigens auch in schwachen Zucker- oder Eiweisslösungen, selbst in verdünntem Glycerin; jedoch erweist sich in allen diesen Fällen eine bestimmte Concentration als die geeignetste, während zu schwache oder zu starke Lösungen die Bewegungen beeinträchtigen. Ausserdem ist durch vielfache Versuche ermittelt worden, dass alle alkalisch reagirenden, thierischen Flüssigkeiten die Bewegung auf lange Zeit zu erhalten vermögen, während dieselbe durch schwach sauer reagirende Flüssigkeiten oder Metallsalzlösungen und selbstverständlich durch alle jene Substanzen, welche eingreifendere chemische Veränderungen der Samenfäden hervorrufen, rasch zum völligen Stillstand gebracht wird. Auch Wasser äussert einen nachtheiligen Einfluss, jedoch kann durch Zusatz der oben genannten, günstig wirkenden Agentien die erloschene Bewegung wieder hergestellt werden (*Kölliker*). — Nach dem Absterben erhalten die Samenfäden ihre äussere Form noch durch sehr lange Zeit, indem sie der Fäulniss völlig widerstehen und selbst gegenüber den stärksten chemischen Einwirkungen sich indifferent verhalten. Concentrirte Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure bewirken bei gewöhnlicher Temperatur keine bemerkbaren Gestaltveränderungen und vermögen selbst in der Siedhitze die Samenfäden nicht völlig zu zerstören. Auch in starken alkalischen Laugen erhalten sie sich bei niedriger Temperatur, erst in der Wärme werden sie allmälig aufgelöst. Durch Eintrocknen wird die Form der Samenfäden nicht im mindesten verändert, ja man vermag sie in Präparaten am allervortheilhaftesten dadurch zu conserviren, dass man mit 1 proz. Essigsäure verdünntes Sperma unter dem Deckgläschen eintrocknen lässt (*Schweigger-Seidel*). Selbst in der Glühhitze hat man ihre Formen noch vollständig erhalten gesehen (*Valentin*). Diese grosse Widerstandsfähigkeit der Samenfäden wird mitunter für forensische Zwecke von grosser Bedeutung, indem sie ihren Nachweis noch nach sehr langer Zeit gestattet.

Fig. 150.

Drei Samenfäden vom Menschen, zwei davon zeigen den Kopf von der Fläche, der nach rechts gelegene von der Kante her. (Aus *Wundt's* Physiologie.)

Die Samenfäden der Wirbelthiere unterscheiden sich von denen des Menschen hauptsächlich durch verschiedene Gestaltung des Kopfes und des Mittelstückes, durch accessorische Bildungen am Kopfe und durch die Dimensionen ihrer einzelnen Abschnitte.

In Betreff der morphologischen Bedeutung der Samenfäden ist zu bemerken, dass man sie nach dem Vorgange *Schweigger-Seidel's* als einstrahlige Wimperzellen ansehen kann, wobei der Kopf dem Kerne, das Mittelstück dem Zellleib und der Schweif einem langen Flimmerhaare entsprechen würde.

Böttcher hat in der ejaculirten Samenflüssigkeit Krystalle entdeckt, welche mit den *Charcot'schen* Krystallen identisch sein sollen und den Namen *Spermakrystalle* erhalten haben.

2) Die männlichen Geschlechtsdrüsen.

Die *Hoden* (*Testes, Didymides*) gehören in die Reihe der schlauchförmigen Drüsen. Ihre Drüsenkanälchen sind von beträchtlicher Länge

und zeigen in verschiedenen Abschnitten erhebliche Differenzen, sowohl mit Bezug auf den feineren Bau, als auch nach Verlauf und Anordnung. Sie gehen durch Vermittlung der Kanälchen des Nebenhodens in einen gemeinschaftlichen Ausführungsgang — das *Vas deferens* über. Die drüsigen Formationen werden von einem bindegewebigen Gerüste getragen, welches an der Oberfläche des Organes in Gestalt einer fibrösen Haut (*Tunica albuginea*) auftritt, im Innern aber ein eigenthümliches Fachwerk herstellt.

Die *Tunica albuginea* ist aus dicht verfilzten Bindegewebsbündeln hergestellt, welche im Allgemeinen der Oberfläche parallel gelagert und von nur spärlichen, feinen elastischen Fäserchen durchsetzt sind. Die glatte Oberfläche besitzt einen Ueberzug von polygonalen Epithelzellen, welcher sich ununterbrochen auf die eigene Scheidenhaut des Hodens fortsetzt; ein besonderes Bindegewebsstratum, welches dem serösen Ueberzug des Hodens entsprechen würde, ist nicht nachweisbar. An den hinteren, oberen Parthieen des Hodens verdickt sich die Tunica albuginea und erzeugt von ihrer inneren Oberfläche her ein ziemlich derbes, gegen das Parenchym vorragendes Bindegewebslager (*Corpus Highmori*, *Mediastinum testis*), welches eine grössere Anzahl kanalartiger, netzförmig zusammenhängender Räume beherbergt. Von diesem aus zweigen sich in divergirender Richtung membranöse Fortsetzungen (*Septula testis*) ab, welche als zarte Scheidewände das Parenchym des Hodens durchsetzen, ohne jedoch eine völlige Abtheilung desselben in selbständige Läppchen zu bewirken. Mit ihnen steht jenes lockere, zellenreiche Bindegewebe in Zusammenhang, welches die einzelnen Drüsenkanälchen umgibt und an der Peripherie des Hodens, unmittelbar unter der Albuginea, zu einem ununterbrochenen, dünnen Häutchen (*Tunica vasculosa*) zusammenfliesst. Dieses *interstitielle* Bindegewebe des Hodens enthält neben gewöhnlichen, platten Bindegewebszellen in grösserer oder geringerer Zahl eigentümliche, rundliche, stark granulirte, häufig auch mit braunem Pigment und mit feinen Fetttröpfchen versehene Zellen, welche unter der Bezeichnung *Zwischenzellen* vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen sind. Sie sind theils zu rundlichen Gruppen oder Strängen geordnet, theils umgeben sie (besonders bei gewissen Thieren, z. B. Kaninchen) scheidenartig die gröberen Ramifikationen der Blutgefässe. Ihre Bedeutung ist noch nicht klargestellt. Während sie von Einigen der Gruppe der Plasmazellen angereiht werden, hat *Nussbaum* neuestens die Ansicht vertreten, dass sie Abkömmlinge jenes Keimepithels seien, aus welchem sich die Drüsen- und Geschlechtszellen des Hodens und des Eierstockes entwickeln. Demnach könnte man ihnen nicht den Charakter von Bindesubstanzzellen zuschreiben, sondern sie wären in

Analogie zu bringen mit den sogen. abortiven Eischläuchen des Eierstockes (vergl. S. 535).

An den *Drüsenkanälchen* des Hodens hat man drei wohl charakterisirte Abschnitte zu unterscheiden, für welche die Namen *Tubuli contorti, Tubuli recti* und *Rete testis* in Gebrauch sind.

Die Tubuli contorti (*gewundene Samenkanälchen, Tubuli seminiferi*) bilden den allergrössten Theil des Hodenparenchyms und behaupten auch aus dem Grunde die hervorragendste Bedeutung, weil in ihnen die Bildung der Samenfäden vor sich geht. Sie sind drehrunde, ziemlich starke Kanälchen (beim Menschen von 140 μ mittlerem Durchmesser), welche sich selbst ohne weitere Vorbereitung, viel besser aber nach 1—2tägiger Maceration in mässig starker (20—30 %) Salzsäure auf weite Strecken hin isoliren lassen. Man kann so zusammenhängende Stücke von 20—30 Cm. Länge erhalten. Ihre Anordnung und Verlaufsweise ist wegen der vielfachen Krümmungen und Verschlingungen nicht leicht zu erkennen. Wie *v. Mihalkovics* nachgewiesen hat, bilden sie an der Peripherie des Organes ein allseitig zusammenhängendes, geschlossenes Netzwerk, ohne dass blinde Anfänge, beziehungsweise Endigungen der Kanälchen vorhanden wären; nur ab und zu kommen kurze, knospenartige Anhänge zur Beobachtung. Von diesem Netzwerk ziehen zahlreiche abzweigende Kanälchen unter fortgesetzten Windungen gegen das Corpus *Highmori* hin, wobei sich aber allmälig ihre Zahl sehr beträchtlich vermindert, indem fort und fort je zwei derselben unter spitzen Winkeln zusammenfliessen. Auch ihre Windungen werden, je mehr sie sich dem Corpus *Highmori* nähern, um so geringer und spärlicher, bis sie sich endlich ganz gerade strecken und in die Tubuli recti übergehen. Durch die Septula werden die gewundenen Kanälchen mehr oder weniger vollständig zu einzelnen Gruppen (Läppchen) zusammengefasst, deren Gestalt annähernd die eines Kegels ist, die Basis gegen die Peripherie, die Spitze gegen das Corpus *Highmori* gewendet. Es ist zu bemerken, dass die Abgrenzung der Läppchen, je mehr man sich der Peripherie des Organes nähert, um so unvollständiger und undeutlicher wird und sich endlich gänzlich verliert, so dass eine periphere, allseitig zusammenhängende Lage von Kanälchen (Rindenschichte) zu Stande kommt. Uebrigens finden sich Anastomosen der Kanälchen auch innerhalb der Läppchen, jedoch, wie es scheint, in sehr geringer Zahl, und ebenso zwischen Kanälchen benachbarter Läppchen.

Die *Tubuli recti* (*gerade Samenkanälchen*) sind die unmittelbaren Fortsetzungen der gewundenen Kanälchen, jedoch von ihnen in mehrfacher Beziehung verschieden. Sie finden sich ausschliesslich nur in dem Bindegewebe des Corpus *Highmori* oder in den hintersten Theilen

der Septula eingelagert und zeichnen sich durch völlig geradlinigen Verlauf, durch geringe Länge und kleinen Querdurchmesser aus (beim Menschen messen sie 200—400 μ in der Länge und 20—50 μ nach der Breite — *Mihalkovics*). Sie dienen zur Verbindung der Tubuli contorti mit dem *Rete testis*; das letztere besteht aus weiten, 70—120 μ im Durchmesser haltenden Kanälen, welche sich zu einem sehr dichten, die Räume des Corpus *Highmori* einnehmenden Netzwerke verbinden. Aus diesem nehmen die ausführenden Kanälchen des Nebenhodens ihren Ursprung.

Zur Untersuchung des *feineren Baues* der genannten Kanalabschnitte sind feine Durchschnitte durch gehärtete Objekte erforderlich. Besonders zu empfehlen sind die Hoden der Ratte, des Stieres und des Katers. Zur Härtung leistet stark verdünnte Chromsäure, als Tinctionsmittel Hämatoxylin oder Safranin die besten Dienste.

Die *Tubuli contorti* besitzen eine ziemlich starke (beim Menschen 6—10 μ dicke), membranöse Aussenwand, welche an Querschnitten häufig eine deutliche, concentrische Streifung erkennen lässt; sie ist nach *v. Mihalkovics* aus schichtenweise über einander gelagerten, endothelialen Zellen aufgebaut. An ihrer Innenfläche ordnen sich die *Drüsenzellen* zu mehrfach geschichteten Lagen. Die nähere Beschaffenheit und Anordnung der Drüsenzellen kann aber in den verschiedenen Verlaufsstrecken eines und desselben gewundenen Kanälchens sehr erhebliche Differenzen aufweisen, aus dem Grunde, weil nicht alle Abschnitte derselben zu gleicher Zeit auch in demselben Funktionszustande begriffen sind. In dieser Beziehung hat man zunächst den *ruhenden* und den *thätigen* Zustand zu unterscheiden. In dem letzteren begegnet man den verschiedenen Phasen der Entwicklung der Samenfäden (*Spermatogenese*), in dem ersteren ist von einer solchen nichts zu erkennen *).

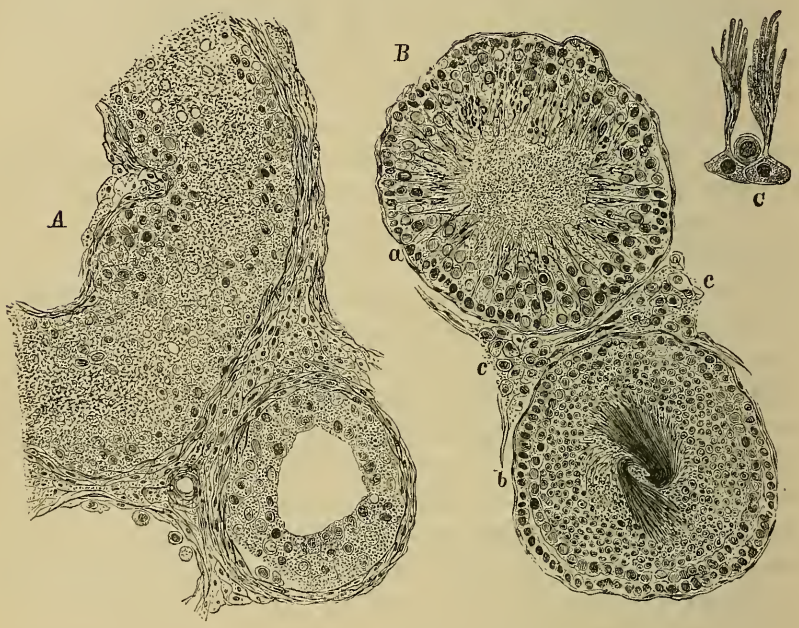
Während *des ruhenden Zustandes* (Fig. 151 A) findet man die Zellen der gewundenen Samenkanälchen durchwegs rundlich oder polyedrisch, zu 3 bis 4 Schichten über einander gehäuft. Einzelne von ihnen sind durch besondere Grösse ausgezeichnet. Weder an den Kernen noch an den Zellen sind Andeutungen von Theilungsvorgängen zu bemerken. Die Lichtung dieser Kanälchen erscheint an gehärteten Präparaten gewöhnlich scharf begrenzt und mit einer gleichmässig feinkörnigen Masse erfüllt.

Der thätige Zustand ist durch reichliche Kernvermehrung in den

*) Wie die Entwicklung der Samenfäden bei den meisten Thieren notorisch an periodische Zeiträume gebunden ist, so scheint sie auch beim geschlechtsreifen Manne nicht ununterbrochen vor sich zu gehen. Wenigstens sucht man an menschlichen Hoden nicht selten vergeblich nach Abschnitten von Kanälchen, welche im Zustande der Thätigkeit wären, und zwar auch an Leichen plötzlich verstorbener, jugendlich kräftiger Individuen.

Drüsenzellen, durch die Umformung eines Theiles derselben zu *Spermatoblasten* (*v. Ebner, Neumann*) und durch das Auftreten der verschiedenen Entwicklungsstufen der Samenfäden selbst ausgezeichnet. Dieser Thätigkeitszustand läuft an einer jeden Stelle der gewundenen Samenkanälchen in einer Reihe von gesetzmässig auf einander folgenden Phasen ab, welchen eine eben solche Reihe von verschiedenen mikroskopischen Bildern entspricht. Da nun aber die verschiedenen Verlaufsstrecken eines

Fig. 151.



A. Aus einem Durchschnittspräparate eines in Chromsäure erhärteten, menschlichen Hodens. Ein Kanälchen der Länge nach, das andere quer durchschnitten (Ruhezustand).

B. Aus einem Durchschnittspräparate eines in Chromsäure erhärteten Rattenhodens. In dem Kanälchen a sind die Samenfäden in Bildung begriffen, von den Spermatoblasten noch nicht losgelöst. In dem Kanälchen b bereits fertig entwickelt, in dem Lumen des Kanälchens gelegen. Bei c Zwischenzellen. (Hämatoxylin-Präparat.)

C. Zwei isolirte Spermatoblasten in einem Entwicklungszustand, wie er annähernd dem Kanälchen a entspricht. (Hämatoxylinfärbung.)

A. und B. mit Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2, C. mit Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 3 gezeichnet.

und desselben Kanälchens sich gewöhnlich nicht in der gleichen Phase der Thätigkeit befinden, so kann man an mikroskopischen Durchschnittspräparaten des Hodens stets eine Anzahl verschiedener Stadien der Spermatogenese neben einander zur Ansicht bekommen.

Bei den meisten Säugethieren und bei dem Menschen ergibt sich in Betreff der Beschaffenheit und Anordnung der Zellen in den thätigen Samenkanälchen das Folgende.

Der Membrana propria unmittelbar aufsitzend findet sich eine

einfache oder doppelte Lage von polyedrischen Zellen, deren Kerne sich mit Hämatoxylin tief dunkel färben und in den verschiedensten Stadien der indirekten Theilung begriffen sind; sie weisen also bei entsprechender Behandlung des Objektes die ganze Reihe der karyokinetischen Figuren auf. Man bezeichnet sie als *Samenkeimzellen* (*W. Krause*) oder als *äussere Samenzellen* (*Klein*). Nach einwärts von ihnen fällt an manchen Kanälchen eine grosse Menge von Kernen auf, deren chromatische Substanz vorwiegend in Form des Knäuels, aber auch ab und zu in den übrigen Formen der Kerntheilungsfiguren erscheint. Sie sind zumeist in Reihen von 3—6 radiär zur Axe des Kanälchens gelagert. Ihr Verhältniss zu der umliegenden protoplasmatischen Substanz ist häufig nur schwer zu definiren. Bezüglich einer grossen Zahl dieser Kerne lässt sich mit Sicherheit erkennen, dass sie innerhalb eines scharf umschriebenen rundlichen Zellleibes liegen und einkernigen, kugeligen oder polyedrischen Zellen entsprechen (*Knäuelzellen, W. Krause* oder *innere Samenzellen, Klein*).

Fig. 152.

Spermatogemmen aus dem Hoden des Kaninchens. Hämatoxylin-Tinction. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 2.)

Ebenso häufig aber finden sich mehrere dieser Kerne (2—5) innerhalb einer gemeinschaftlichen, grösseren, walzen- oder kolbenförmigen, radiär gerichteten Protoplasmamasse (Fig. 152), deren äusseres Ende mit einer Keimzelle zusammenhängt, während das innere Ende bis nahe oder ganz an die Lichtung des Kanälchens heranreicht. *v. La Valette* hat diese Gebilde als *Spermatogemmen* bezeichnet. Sie sind offenbar als mehrkernige Zellen anzusehen und ihre Herkunft von einem eigenthümlichen, mit Kernvermehrung einhergehenden Wachsthumsprozess der Samenkeimzellen abzuleiten. Sie bilden die Uebergangsstufen zu den *Spermatoblasten* (im Sinne *v. Ebner's* und *Neumann's*).

Die weitere Umbildung erfolgt in der Weise, dass sich an einer Spermatogemme zunächst eine halsartige Einschnürung entwickelt, durch welche ein kleinerer peripherer Theil (*Fusstheil*) und ein centralwärts gelegener, voluminöserer Theil derselben unterschieden werden kann. Diese Einschnürung geht endlich so weit, dass die beiden Endtheile nur mehr durch ein dünnes, fadenförmiges Zwischenstück verbunden bleiben. Der etwas abgeflachte Fusstheil besitzt einen ziemlich grossen, im Ruhezustande verharrenden Kern und sitzt unmittelbar der Membrana propria auf. Der innere Theil der Zelle zeigt mehrere (4—8) Kerne, erscheint kolbenförmig aufgequollen und erlangt allmälig eine höckerige Oberfläche. Endlich wachsen die kleinen Höckerchen zu langen, finger-

förmigen, gegen die Mitte des Kanälchens hin gerichteten Fortsätzen aus, und damit hat die Spermatogemme jene äussere Gestalt erlangt, welche für die *Spermatoblasten* im Sinne *v. Ebner's* und *Neumann's* charakteristisch ist (Fig. 151 C).

An guten Präparaten findet man leicht verschiedene Durchschnitte von Samenkanälchen, welche den geschilderten Vorgang in seinen einzelnen Phasen erkennen lassen (Fig. 151 B). Besonders bezeichnend sind aber jene Durchschnitte, an welchen im ganzen Umfange des Kanälchens die radiär geordneten Spermatoblasten und zwischen ihnen eingestreut zahlreiche, einkernige Knäuelzellen erscheinen.

Während sich die Ausbildung der Spermatoblasten vollzieht, erleiden ihre Kerne eine eigenthümliche Veränderung; ihre chromatische Substanz ballt sich zu einem eiförmigen oder spindelförmigen, homogenen Klümpchen zusammen, welches nunmehr bald als der Kopf eines Samenfadens zu erkennen ist. Die achromatische Substanz erscheint als ein heller Hof, welcher jenem Klümpchen einseitig anhängt. Alle die so neugebildeten Samenfadenköpfe sitzen im Grunde der fingerförmigen Fortsätze, welche letztere sich weiterhin zu den Schweifen der Samenfäden umbilden. Aus einem jeden Spermatoblasten entsteht so eine Anzahl von 8—10 Samenfäden, welche sich endlich von ihrem Mutterboden loslösen und zu einem Büschel vereint in die Lichtung des Kanälchens gelangen. Der Fusstheil des Spermatoblasten, dessen Kern im Ruhezustand verharrt, bleibt an seinem Orte, an der Peripherie des Kanälchens zurück.

In Betreff der einkernigen Knäuelzellen ist hervorzuheben, dass in ihnen die Entwicklung von Samenfäden mit Sicherheit nicht zu beobachten ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sie durch Theilung aus den Samenkeimzellen hervorgegangen sind, und dass ihr Kern ursprünglich den Kernen der Spermatogemmen, denen er völlig gleicht, äquivalent ist. Doch scheint es, dass die Knäuelzellen in Folge ihrer Ausbildung zu selbständigen Individuen und insbesondere in Folge ihrer frühzeitigen Loslösung von den Samenkeimzellen die Fähigkeit zur Produktion von Samenfäden eingebüsst haben. Sie können also weiterhin nur mehr den Charakter von indifferenten Zellen oder von Stützzellen der Spermatoblasten in Anspruch nehmen.

Es muss bemerkt werden, dass der Vorgang der Spermatogenese in neuerer Zeit vielfach untersucht und von den Autoren in mannigfach abweichender Weise dargestellt worden ist. Es ist nicht möglich, hier auf die Anschauungen der verschiedenen Forscher einzugehen; nur die Resultate, zu denen *v. La Valette St. George* gelangt ist, müssen kurz erwähnt werden, weil sie von hervorragender allgemeiner Bedeutung sind und sich auf ein ungemein reiches Untersuchungsmaterial stützen.

Das von *v. La Valette* formulirte Gesetz der Spermatogenese besagt, dass die Samenkanälchen zwei typische Arten von Zellen enthalten. Die einen werden

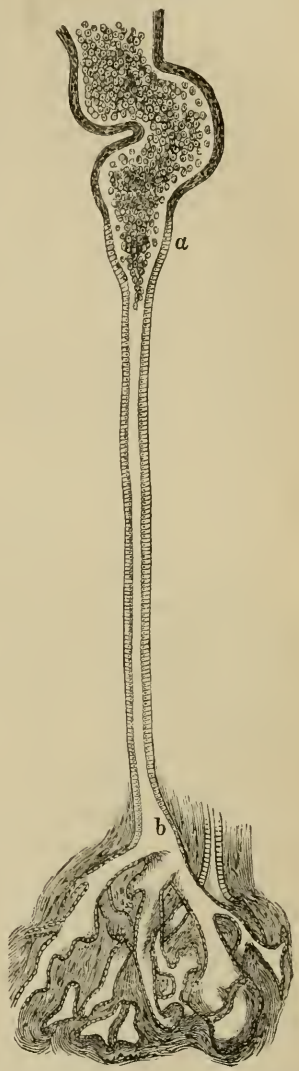
Ursamenzellen oder *Spermatogonien* genannt. Sie sind jungen Eizellen durchaus ähnlich und sind bestimmt, die Samenfäden zu produciren. Aus einer jeden von ihnen entwickelt sich ein Zellenhaufen, welcher entweder durch Anlagerung der peripheren Zellen eine besondere Hülle erhält (z. B. bei den Amphibien) und dann als *Samencyste* bezeichnet wird, oder aber hüllenlos bleibt (z. B. bei Säugethieren) und den Namen *Samensprosse* oder *Spermatogemme* erhält. — Die zweite Art von Zellen wird *Follikelzellen* genannt und dadurch ihre Homologie mit den Epithelzellen der Eierstocksfollikel angedeutet. Sie sind unter sich zu einem Gewebe verbunden, in welches die Spermatogonien und Spermatogemmen eingebettet sind. Den Follikelzellen fehlt die Fähigkeit, Samenfäden zu produciren.

Die *geraden Hodenkanälchen* zeigen einen verhältnissmässig sehr einfachen Bau (Fig. 153); sie bestehen aus einer dünnen, wie es scheint, structurlosen Hüllmembran, deren innere Oberfläche eine einschichtige Lage kurz cylindrischer Zellen trägt. Der Uebergang aus dem gewundenen Kanälchen erfolgt durch eine conische Verschmälerung des letzteren, innerhalb welcher die cylindrischen Zellen an Stelle der den gewundenen Kanälchen eigenthümlichen Drüsenzellen treten.

Die Kanälchen, welche das *Rete testis* zusammensetzen, sind dadurch ausgezeichnet, dass sie ohne eigene Grundmembran in dem als Corpus *Highmori* bezeichneten Bindegewebslager eingegraben sind. Ihre Wandung wird ausschliesslich nur durch eine einfache Lage kleiner, abgeplatteter Zellen hergestellt.

Blutgefässe der Hoden. Die gröberen Verzweigungen der Arteria spermatica interna breiten sich einerseits in dem Corpus *Highmori,* andererseits in der Tunica vasculosa aus und schicken von da zahlreiche, stark geschlängelte, feine Ausläufer in die Septula und zwischen die gewundenen Samenkanälchen hinein. Die letzteren werden von einem ziemlich reichlichen Capillarnetz eng umschlossen, ebenso die Gruppen

Fig. 153.



Ein gerades Samenkanälchen aus dem Hoden des Menschen nach *v. Mihalkovics.*

Bei a geht dasselbe mittelst einer trichterförmigen Verengerung aus dem gewundenen Kanälchen hervor, bei b senkt es sich in das Rete testis ein. (Hämatoxylinfärbung nach Härtung in Alkohol.) (Hartnack, IV, Ocul. 3.)

der Zwischenzellen theils von feinen arteriellen Zweigchen, theils von Capillaren durchzogen. Die in dem interstitiellen Gewebe sich sammelnden Venen verlaufen parallel den arteriellen Gefässchen.

Die Lymphgefässe der Hoden. Man kann, wie an den meisten parenchymatösen Organen, oberflächliche und tiefe Lymphgefässe unterscheiden. Die ersteren bilden in den obersten Schichten der Tunica albuginea ein äusserst reichliches, aus feineren und gröberen Gefässchen zusammengesetztes Netzwerk, welches theils gegen den Nebenhoden hin seine Abflusswege besitzt, theils aber mit den tiefen Lymphgefässen in Zusammenhang steht. Die letzteren sind schon längst durch *His* und *Kölliker,* später wieder durch *R. Gerster* an Säugethieren, von *C. Langer* an Batrachiern in Gestalt eines geschlossenen, ziemlich dichten, die gewundenen Samenkanälchen umspinnenden Capillarnetzes nachgewiesen worden. Von manchen Seiten werden übrigens trotzdem die Spaltenräume des interstitiellen Bindegewebes für die offenen Anfänge der Lymphgefässe angesehen.

Ueber das Verhalten der *Nerven* im Inneren des Hodens fehlen nähere Beobachtungen.

3) Die ableitenden Samenwege.

Der Nebenhoden (Epididymis). Aus dem Rete testis nehmen die *Vasa efferentia testis (Vasa Graafiana)* ihren Ursprung; sie stellen durch dichte Verknäuelung die bekannten *Coni vasculosi Halleri* her und senken sich der Reihe nach in das einfache, aber vielfach verschlungene *Vas epididymidis* ein. Ueber den feineren Bau dieser Gebilde ist folgendes zu bemerken.

Die Wandungen der *Vasa efferentia* lassen drei Schichten erkennen: das Epithel, eine Membrana propria und nach aussen eine Lage von glatten Muskelfasern. Das Epithel wird durch eine einschichtige Lage sehr langgestreckter Cylinderzellen gebildet, welche an ihrer freien Oberfläche mit Flimmerhaaren besetzt und mit ihrem peripheren Ende in eine dünne Spitze ausgezogen sind. Zwischen den Basalenden derselben sind reichliche, rundliche oder kolbenförmige Zellen eingefügt. Die Membrana propria ist ziemlich dünn und erscheint an Querschnitten leicht gestreift. Die Muskellage besteht ausschliesslich aus circulär geordneten, in mehreren Schichten über einander liegenden glatten Elementen.

Das *Vas epididymidis* unterscheidet sich in seinem Bau nur dadurch, dass die Wandung, namentlich die Muskelschichte, gegen den Schweif des Nebenhodens hin allmälig an Dicke zunimmt, und dass überdies noch eine dünne, äussere Schichte längslaufender Muskelfasern

hinzutritt. Nahe seinem Uebergang in das Vas deferens verliert das Epithelium den Flimmerbesatz, ohne dass sich im Uebrigen dessen Form wesentlich ändert.

Der *Samenleiter* (*Vas deferens*) ist durch besondere Mächtigkeit seiner Wandungen im Vergleich zu anderen Ausführungsgängen ausgezeichnet. Man kann an ihm eine Schleimhaut, eine Muskelhaut und eine äussere Faserhaut unterscheiden. Die erstere besteht aus feinfaserigem, zellenreichem Bindegewebe, und lässt deutlich eine Grenze zwischen Tunica propria und Submucosa erkennen. Letztere ist besonders reich an elastischen Fasern. Das Epithel zeigt genau den Charakter wie im Nebenhoden, nur fehlt der Flimmerbesatz. Nach *Langerhans* ist seine freie Fläche im kindlichen Alter mit einem Cuticularsaum bedeckt, welcher an Erwachsenen nicht mehr nachweisbar ist. Die auffallend kräftige Muskelhaut zerfällt in eine innere, dickere Schichte mit circulären und in eine äussere mit longitudinal verlaufenden, glatten Muskelfasern. Am Anfangstheil des Vas deferens kommt ausserdem noch eine schwache innerste, longitudinale Faserschichte vor. Zwischen den Bündeln der letzteren sind feine elastische Fasernetze nachweisbar. Die äussere Faserhaut besteht aus lockerem, gewöhnlich reich mit Fettzellen durchsetztem Bindegewebe, in welchem zerstreute, gröbere und feinere Bündel längslaufender, glatter Muskelfasern (*Cremaster internus*) sowie zahlreiche Ausbreitungen von Gefässen uud Nerven eingelagert sind.

In der *Ampulle* des Vas deferens nimmt die Mächtigkeit der Wandungen erheblich ab, die Schleimhaut erscheint in mehrfache, steile Falten gelegt und mit verzweigten Drüsenschläuchen besetzt, deren unteres Ende häufig kugelförmig aufgequollen ist, und an einzelnen Stellen bis in die Muskelschichte hineinragt. Die charakteristische Beschaffenheit der in ihnen enthaltenen Zellen — sie sind theils cubisch, theils kurz cylindrisch — rechtfertigt es wohl, diese Bildungen mit *Gerlach* und *Henle* als wahre Drüsenformationen anzusehen, gegenüber der Darstellung anderer Autoren, welche sie als verzweigte Ausbuchtungen der Schleimhaut hinstellen. Das Epithel gleicht völlig dem des Vas deferens, nur sind die centralen Theile der cylindrischen Zellen mit reichlichen braunen Pigmentkörnchen besetzt; daher die gelbbraune Farbe der Schleimhaut. Die Muskelschichte besteht aus drei Lagen, von denen die mittlere aus circulär verlaufenden, die innere und äussere aus longitudinalen Fasern zusammengesetzt ist.

Einen völlig entsprechenden Bau besitzen die *Samenblasen* (*Vesiculae seminales*).

An den dünnwandigen *Ductus ejaculatorii* ist eine in Längsfalten gelegte, mit cylindrischem Epithel versehene Schleimhaut und eine innere, längslaufende und eine äussere, quere Muskelschichte zu unter-

scheiden. Gegen ihre Ausmündung hin wird das einschichtige Epithel durch ein geschichtetes Uebergangsepithel ersetzt, die Muskulatur verschwindet und an ihre Stelle tritt ein weites venöses Netzwerk (Schwellnetz).

Die Ausbreitung der *Blutgefässe* in den ableitenden Samenwegen ist im Allgemeinen eine ziemlich reichliche. Im Nebenhoden verlaufen durch das Zwischengewebe der Kanälchen zahlreiche Zweigchen der Arteria spermatica interna und Art. deferentialis und dringen mit ihren Ramifikationen in die Wandungen der Kanälchen ein, wo sie theils in der Muskulatur sich ausbreiten, theils aber dicht unter dem Epithel ein wohl ausgebildetes Capillarnetz erzeugen. Ebenso finden sich im Bereiche des Vas deferens und der Samenblasen gesonderte Gefässnetze für die Schleimhaut und für die Muskulatur.

Die *Nerven* bilden an der Aussenwand des Vas deferens und der Samenblasen ziemlich reichliche Plexus, zumeist aus markhaltigen Fasern bestehend, zwischen denen einzelne oder gruppenweise angehäufte Ganglienzellen vorkommen. Ihr Verhalten in den Wandungen selbst ist nicht näher bekannt.

Als *Reste embryonaler Bildungen* finden sich im Bereiche der männlichen Geschlechtsdrüse und ihrer ableitenden Wege:

Die *Paradidymis* (*Organ von Giraldès*); sie ist in der Nähe der Gefässpforte des Hodens, zwischen den Blutgefässen des Samenstranges, in Gestalt einzelner oder mehrfacher, gelblichweisser Klümpchen zu finden. Ein jedes derselben wird aus einem gewundenen, beiderseits blind, wohl auch mit unregelmässigen Ausbuchtungen endigenden Kanälchen gebildet. Dasselbe ist mit einer Lage flimmernder Cylinderzellen ausgekleidet (*Roth*) und enthält eine klare, farblose Flüssigkeit. Die Paradidymis ist ein Rest des Urnierentheiles des *Wolff'schen* Körpers, und dem Paroophoron des Weibes homolog.

Das *Vas aberrans Halleri des Nebenhodens* gleicht in seinem Bau dem Vas epididymidis und ist als ein Kanälchen des Sexualtheiles des *Wolff'schen* Körpers zu betrachten, welches den Anschluss an den Hoden verfehlt hat. *M. Roth* beschreibt neuerdings als inconstante, jedoch nicht selten vorkommende Bildung eine andere Art abirrender Kanälchen, welche aus dem Rete testis entspringen, an die mediale Seite des Nebenhodens sich anschliessen und mit kolbenförmiger Anschwellung blind endigen. Sie sind nichts anderes, als Vasa efferentia testis, welche sich von dem Vas epididymidis abgeschnürt haben; sie stimmen auch in ihrem Bau mit diesem überein. *Roth* nennt sie *Vasa aberrantia testis*.

Die ungestielte (*Morgagni'sche*) *Hydatide* (*Ovarium masculinum*, *W. Krause*) sitzt in Gestalt eines kolbenförmigen Läppchens der vor-

deren Fläche des Hodens, knapp an der Grenze des Nebenhodenkopfes auf. Sie ist aus gefässreichem Bindegewebe zusammengesetzt und an der Oberfläche mit flimmerndem Cylinderepithel bekleidet. Von dem letzteren aus dringen schlauchförmige Einstülpungen in das Innere des im Uebrigen soliden Gebildes (*Fleischl*). Im Stiele des Kolbens findet sich ein mit Cylinderepithel ausgekleideter Kanal, der mit blindem Ende sich manchmal bis in die Albuginea des Hodens hinein erstreckt. Nach früheren Untersuchungen (*Luschka*) soll die Hydatide manchmal mit den Kanälchen des Nebenhodens in Zusammenhang stehen und einen mit Samenflüssigkeit erfüllten Hohlraum einschliessen. Ueber ihre Bedeutung herrscht noch nicht völlige Klarheit. *Waldeyer* erklärt sie als ein Homologon des Trichters der Tuba Fallopiae und den erwähnten Kanal als einen Theil der Tube. Nach *W. Krause* wäre sie das Rudiment eines Eierstockes.

Die gestielte Hydatide ist kein constantes Vorkommniss. Sie erscheint als ein hirsekorngrosses, kugeliges Bläschen, welches mittelst eines oft mehrere Millimeter langen Stieles an den Kopf des Nebenhodens angeheftet ist. Sie enthält klare Flüssigkeit und, wie es scheint, eine Auskleidung aus cubischen Zellen. Ihre Bedeutung ist noch nicht aufgehellt.

4) Anhangsdrüsen des männlichen Geschlechtsapparates.

Die Glandula prostatica. Unter diesem Namen möge nach *Henle's* Vorgang der in compacter Masse beisammen gelegene, drüsige Antheil der Prostata beschrieben werden.

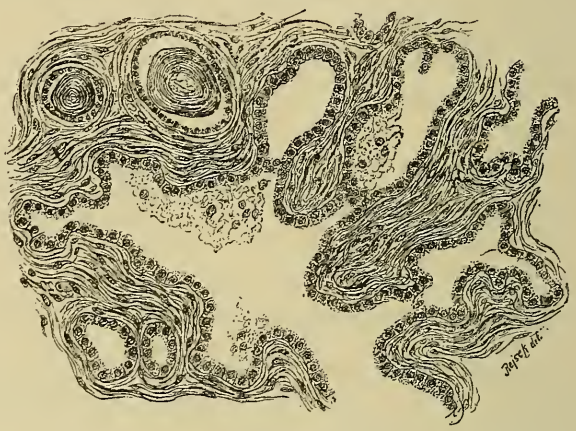
Von vielen Autoren wird die Glandula prostatica als eine acinöse, von ebenso vielen anderen als eine schlauchförmige Drüse bezeichnet. Das Thatsächliche ist folgendes: die primären Drüsenformationen sind langgestreckte, dendritisch ramificirte, mit der Verzweigung im queren Durchmesser allmälig abnehmende Gänge, deren letzte Ausläufer mit kolbigen Auftreibungen endigen. Entspricht so das Gerüst der Drüsengänge genau dem acinösen Typus, so sind doch die kolbigen Auftreibungen (Acini) ganz unverhältnissmässig spärlicher als in allen anderen Drüsen dieser Form, selten scharf von den Endästchen der Gänge abgesetzt und häufig nicht einmal deutlich ausgeprägt (Fig. 154). Es tritt somit, abweichend von allen acinösen Drüsen, das Gangsystem gegenüber den endständigen Erweiterungen viel auffallender in die Erscheinung, und es entsteht vielfach eine gewisse Aehnlichkeit mit den Formationen der noch nicht ausgebildeten Brustdrüse jugendlicher Mädchen. Von den Drüsengängen der Glandula prostatica sammelt sich eine grössere Anzahl zu zwei stärkeren, am Colliculus seminalis

ausmündenden Gängen, während jederseits von demselben noch etwa 10—12 kleinere Sammelgänge sich in die Harnröhre öffnen.

Die Drüsenzellen besitzen eine kurz cylindrische oder cubische Form, einen fein granulirten Zellleib und einen scharf begrenzten, kugeligen Kern. Gegenüber den Mittheilungen von *Langerhans*, welchen zufolge die Drüsenzellen zu zwei Schichten geordnet wären, muss ich hervorheben, dass ich bei erneuter, wiederholter Untersuchung der Prostata des erwachsenen Menschen regelmässig nur eine einzige Lage von Drüsenzellen gefunden habe.

Die zellige Auskleidung der grösseren Sammelgänge zeigt eine ähnliche Beschaffenheit wie das Uebergangsepithel der Harnröhre. Die

Fig. 154.



Durchschnitt aus dem drüsigen Theile der menschlichen Prostata. Alkoholhärtung, Carmintinction. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 2.)

Lichtung der primären Drüsenformationen ist nicht selten von einem Klümpchen eingedickten Secretes erfüllt (vergl. Fig. 154).

Das *Zwischengewebe* der Glandula prostatica, sowie auch ihre äussere Umhüllung, ist sehr fest und derb und besteht nur zum geringeren Theile aus einem zellenreichen Bindegewebe, zum grösseren Theile aus feinen, elastischen Fasernetzen und Bündeln glatter Muskulatur. Es ist im Verhältniss zu den Drüsenformationen sehr reichlich vertreten. Die Eigenthümlichkeiten der letzteren und die Beschaffenheit des Zwischengewebes bringen es mit sich, dass eine Abgrenzung von Drüsenläppchen äusserlich durchaus nicht zu erkennen ist. Es ist vielleicht die Annahme gestattet, dass die grosse Festigkeit des Zwischengewebes ein Hinderniss für die reichere Entwicklung der peripheren Theile der Drüsenformationen abgibt, so dass die Glandula prostatica als eine acinöse Drüse angesehen werden darf, deren Acini normaler

Weise nur in spärlicher Zahl zur Ausbildung gelangen. So wie oben die Aehnlichkeit der prostatischen Drüsenformationen mit denen der unentwickelten Milchdrüse betont worden ist, so kann auch mit Bezug auf die physikalischen Eigenschaften des Zwischengewebes eine auffallende Uebereinstimmung constatirt werden; und es scheint ganz besonders für die vorgebrachte Ansicht zu sprechen, dass die volle Ausbildung der Milchdrüse zur Zeit der Schwangerschaft typisch mit einer nachweisbaren Auflockerung und gänzlichen Umordnung des Zwischengewebes einhergeht. — Die Muskelfaserbündel durchziehen nach allen Richtungen hin die Zwischenräume der Drüsenformationen und ordnen sich an der Oberfläche der Drüse, vermengt mit Bündeln quergestreifter Fasern, zu mehrfach geschichteten, von Bindegewebe durchsetzten Lamellen. Indem die letzteren sich zum grösseren Theile von der seitlichen Circumferenz der Drüse her auf den Sphincter vesicae externus und internus herüberschlagen, so stellen sie für alle diese Gebilde eine gemeinschaftliche Hülle her, d. i. die äussere Kapsel der *Prostata*.

Die Blutgefässausbreitung in der Glandula prostatica bietet nichts Bemerkenswerthes. Ueber Lymphgefässe und Nerven ist nichts Näheres bekannt.

Die Cowper'schen Drüsen. Sie sind nach dem acinösen Typus gebaut. Ihr Gangsystem ist durch auffallende, buchtige Erweiterungen in den gröberen Ramifikationen ausgezeichnet, etwa ähnlich, wie dies in geringerem Maasse auch an den Schleimdrüschen der Mundhöhle vorzukommen pflegt. Die Drüsenacini besitzen eine beträchtliche Grösse und ziemlich weites Lumen. Die Drüsenzellen gleichen nach Form und Beschaffenheit völlig den Schleimzellen (S. 65) anderer Schleimdrüsen. Zwischen den primären Drüsenläppchen ist in vielen Fällen, namentlich bei älteren Personen, reichliches Bindegewebe angesammelt und ausserdem ziehen zwischen denselben quergestreifte Muskelfaserbündel (dem Diaphragma urogenitale angehörend) in wechselnder Zahl hindurch; aus diesem Grunde zerfällt die Drüse mitunter in eine Anzahl kleiner, ziemlich weit von einander gelegener Läppchen. Darin und in dem Mangel einer deutlich ausgebildeten, gemeinschaftlichen Umhüllungsmembran ist es, wie ich mich überzeugt habe, gelegen, dass es bei einzelnen Individuen nicht gelingt, die *Cowper'schen* Drüsen als einen geschlossenen Körper mit dem Messer frei zu präpariren. Die grösseren Drüsengänge und die langen Ausführungsgänge der *Cowper'schen* Drüsen tragen, wie *Langerhans* richtig bemerkt, eine Auskleidung von cubischen Zellen in zwei bis drei Schichten.

5) Die Corpora cavernosa des Penis und der Urethra.

Der allgemeine Charakter der Schwellkörper ist schon oben (S. 342) bezeichnet worden. Hier erübrigt noch, Einiges über den Bau des Balkengewebes und über die Anordnung der Blutwege beizubringen.

Das *bindegewebige Gerüst* der Corpora cavernosa besteht der grösseren Masse nach aus feinen, aber sehr fest an einander gefügten Bindegewebsfibrillen mit nur spärlich eingestreuten elastischen Fasernetzen. Die ersteren verlaufen der überwiegenden Mehrzahl nach der Oberfläche der Balken und Blätter parallel. Ziemlich reichlich ist der Gehalt des cavernösen Gewebes an glatten Muskelfasern. Dieselben sind zu dünnen, drehrunden Bündeln geordnet und durchziehen theils vereinzelt die stärkeren Bindegewebsbalken, theils gruppiren sie sich in grösserer Zahl um die Ramifikationen der Arterien und begleiten dieselben in ihrem ganzen Verlaufe. Die der Blutbahn zugewendeten freien Flächen des gesammten Balkengerüstes sind mit einer einfachen Lage von Endothelzellen, deren Nachweis durch Silberimprägnation nicht schwer gelingt, überkleidet.

In Betreff der Anordnung der *Blutbahnen*, deren genauere Kenntniss wir vornehmlich den Untersuchungen *Langer's* verdanken, ist zunächst hervorzuheben, dass das ganze blutführende Lückensystem der Schwellkörper einem äusserst dichten Geflechte weiter, dünnwandiger Venen gleichzustellen ist, dessen Zusammenhang mit den Arterien und den ableitenden Venen in verschiedener Weise zu Stande kommt.

Das Corpus cavernosum penis wird bekanntlich von mehreren Arterien gespeist, welche in der Regel sämmtlich Zweige der *Art. pudenda communis* sind. Die stärkste derselben ist die paarige *Arteria profunda penis*, welche an der Stelle, wo die beiden Schenkel des Schwellkörpers zusammenfliessen, in sie eintritt und der Länge nach in denselben nach vorne zieht. Ausserdem erhalten die Crura penis besondere kleine Arterien (*Art. cruris penis*) aus dem Stamme der Pudenda communis, und der Schaft des Penis eine Anzahl *Rami perforantes* aus der *Arteria dorsalis penis*. Alle diese Arterien, durch besonders starke Entwicklung ihrer Muskulatur ausgezeichnet, senden ihre Verzweigungen in verschiedenen Richtungen durch das Balkensystem aus und stehen durch dieselben gegenseitig in ausgiebiger Communikation. Schliesslich gehen sie zum Theile in wahre Capillaren über, zum Theile aber ergiessen sich kleine arterielle Zweigchen direkt in die cavernösen Venenräume. Capillare Ausbreitungen finden sich zunächst in Gestalt eines dichten Netzes entlang der ganzen Oberfläche des Schwellkörpers,

unmittelbar unter der Tunica albuginea und neben der mittleren Scheidewand (*feineres Rindennetz, Langer*), ausserdem aber in Form von weitmaschigen Netzen allenthalben in den Balken und Blättern des cavernösen Gewebes (*Vasa vasorum, J. Müller*). Während es für die letzteren nicht völlig sichergestellt ist, ob sie in die cavernösen Venenräume übergehen, ist das feinere Rindennetz die hauptsächlichste Quelle, aus welcher dieselben mit Blut versehen werden. Es sind jedoch nicht die centralen, grossen Räume der Schwellkörper, welche unmittelbar mit dem feinen Rindennetze in Zusammenhang stehen; dieser wird vielmehr vermittelt durch das *gröbere Rindennetz Langer's* d. i. ein in doppelter Schichte ausgebreitetes, dichtes, rundmaschiges Netzwerk von etwa 300 μ weiten venösen Gefässen, welches allerwärts unter dem feineren Rindennetze die oberflächlichen Parthieen der Schwellkörper einnimmt. In dieses öffnen sich auch, der grössten Zahl nach, jene feinen Arterienzweige, welche, wie oben erwähnt, nicht in Capillaren übergehen.

Es ist hier auch der sogen. *Arteriae helicinae* (*J. Müller*), über deren Bedeutung die Ansichten sehr getheilt sind, Erwähnung zu thun. Es sind dies im Mittel 0·5—1 Mm. lange und 0·2 Mm. breite Arterienästchen, welche, in einer starken bindegewebigen Hülle eingeschlossen, meist hornartig oder rankenförmig (daher der Name *Rankenarterien*) gekrümmt sind, mit kolbigen Auftreibungen enden und an der Seite mit mehrfachen divertikelartigen Anhängen versehen sind. Sie kommen fast ausschliesslich in den hintersten Abschnitten des Corpus cavernosum penis, in der Nähe der grossen Arterienzweige, entweder vereinzelt oder zu Büscheln gruppirt, vor und ragen frei in die grossen cavernösen Räume hinein. Nach einer Anschauung (*J. Müller, Stilling*) sollten sie an ihrem blinden Ende eine feine Oeffnung besitzen, welche sich während der Erection erweitere; nach einer anderen (*Kölliker, Henle*) sollen von ihrer kolbigen Anschwellung aus feinste, arterielle oder capillare Zweigchen ausgehen. Dem gegenüber haben *Valentin* und *Langer* gefunden, dass die Arteriae helicinae nichts anderes sind, als Arterienzweigchen, welche in dünnen Bindegewebssträngen eingelagert verlaufen und bei collabirtem Gliede sammt den letzteren schlingenförmig abgebogen sind; das scheinbare blinde Ende ist somit nichts anderes als der Scheitel der Schlinge. Dafür spricht besonders die Mittheilung *Langer's*, dass es ihm gelungen ist, diese Schlingen auszustrecken und den Verlauf des Arterienzweigchens weiter zu verfolgen, sowie, dass die Arteriae helicinae vorzüglich nur innerhalb wenig ausgespannter oder ganz collabirter Theile des Schwellkörpers gefunden werden.

Die rückleitenden *Venen* der Schwellkörper sammeln sich reihenweise an der oberen und unteren Fläche des Penis. Die oberen er-

giessen sich, nachdem sie die Albuginea, gewöhnlich in der Nähe des Septum, durchbrochen haben, direkt in die Vena dorsalis penis; die unteren treten seitlich an der Urethralfurche durch die Albuginea und fliessen zu stärkeren Stämmchen zusammen, welche die Seitenfläche des Penis umgreifen, um ebenfalls zur Vena dorsalis zu gelangen. Während die oberen Venen zumeist aus dem gröberen Rindennetze sich sammeln, sind die Wurzeln der unteren in den centralen grossen Räumen zu suchen, ein Umstand, der für den Vorgang der Erection von Wichtigkeit ist, insofern als die kleinsten Stämmchen der letzteren Venen sämmtlich durch das Rindennetz hindurchziehen müssen. Die sogen. *Venae profundae*, welche aus den Crura penis hervortreten, sind den unteren Schwellkörpervenen gleich und gewissermassen als die hintersten ihrer Reihe zu betrachten.

An *dem Corpus cavernosum urethrae* ist ein centraler und ein peripherer Antheil zu unterscheiden. Der letztere ist der eigentliche Schwellkörper, während der erstere, ganz gleichmässig um die Wandung der Harnröhre herumgelagert, nichts anderes darstellt, als das reichlich entwickelte Venennetz der Submucosa der Harnröhrenschleimhaut (siehe oben S. 508), und sich dem entsprechend auch auf die Pars membranacea und prostatica urethae fortsetzt. Der periphere Antheil des Corpus cavernosum urethrae zeigt im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse wie das Corpus cavernosum penis; das Rindennetz ist vorzüglich an der unteren Circumferenz entwickelt. Ein wesentlicher Unterschied scheint indessen darin zu bestehen, dass im Bereiche des Schaftes sämmtliche Arterien in Capillaren übergehen und erst von diesen aus die Schwellräume gefüllt werden; nur im Bulbus urethrae kommt nebstbei ein direkter Uebergang kleiner Arterienzweige in die cavernösen Räume vor. Die Wurzeln der Venen sammeln sich an der oberen Circumferenz des Schaftes, und zwar am reichlichsten nahe der Eichel, und fliessen mit den unteren Venen der Corpora cavernosa penis zu gemeinschaftlichen Stämmchen zusammen. Aus dem Bulbus urethrae treten besondere Venae efferentes hervor, welche sich den Venae profundae des Penis analog verhalten.

Der Schwellkörper der *Eichel* besteht aus vielfach gewundenen und reichlich anastomosirenden Venen, zwischen welchen das bindegewebige Balkennetz auffallend stark entwickelt ist. Dasselbe ist der Träger der feinsten arteriellen Gefässramifikationen und eines aus diesen hervorgehenden Capillarsystemes, welches allerwärts zwischen den venösen Räumen hindurchzieht. Die besonders starke Entfaltung des letzteren bildet die hervorstechendste Eigenthümlichkeit der Eichel. Direkte Uebergänge von Arterien und Venen kommen hier niemals vor. Bemerkenswerth ist ausserdem der unmittelbare Zusammenhang der tiefen

Capillarnetze mit den Capillaren der Cutis, von welchen aus schlingenförmige Abzweigungen in die zahlreichen Papillen der Eichel eindringen.

B. Die weiblichen Geschlechtswerkzeuge.

1) Das weibliche Geschlechtsprodukt (das Ei).

Im völlig reifen Zustande erscheint das menschliche Ei als ein kugeliges, nahezu an 200 μ im Durchmesser haltendes, bläschenartiges Gebilde. Die äussere Hülle des Bläschens zeigt sich bei Untersuchung mit starken Vergrösserungen als ein verhältnissmässig breiter, heller Saum (daher ihr Name: *Zona pellucida*), der eine äusserst zarte, radiäre Streifung erkennen lässt. Der Inhalt des Eies (*der Dotter*) zeigt bei Säugethieren, wenn er in ganz frischem Zustande oder nach Behandlung mit Osmiumsäure untersucht wird, ein Gerüst von äusserst feinen, vielfach geschlungenen, unregelmässig angeordneten Fädchen, welche unmittelbar an der Zona pellucida, und manchmal auch in der nächsten Umgebung des Keimbläschens etwas dichter gehäuft erscheinen (*Flemming*). Zwischen ihnen befindet sich eine blasse, structurlose Substanz und ausserdem grössere und kleinere, fettig glänzende Kügelchen (*die Dotterkörner*). Je näher das Eichen der vollkommenen Reife steht, um so mehr haben die Dotterkörner an Zahl und Grösse zugenommen. Einen wesentlichen Theil des Einhaltes bildet das *Keimbläschen* (*Purkinje'sches Bläschen, vesicula germinativa*). Dasselbe ist stets excentrisch gelagert, von kugeliger Gestalt, 45 μ mittlerem Durchmesser und von einer zarten, homogenen Hülle umschlossen. Auch in ihm findet sich ein zartes Fadengerüst nebst einer klaren Flüssigkeit, und ausserdem ein kleines, rundes, opakes Körperchen — der *Keimfleck* (*Macula germinativa*).

An den reifen Eiern der Säugethiere, welche, abgesehen von den Grössenverhältnissen, den menschlichen völlig gleichen, hat man ausserdem noch manche interessante Details kennen gelernt. So wird von manchen Autoren, und neuerdings wieder von *van Beneden,* neben der Zona pellucida noch eine zweite, unmittelbar unter dieser gelegene, äusserst zarte Hüllmembran des Eies (*Dotterhaut*) beschrieben. In der Zona pellucida selbst wurde bei Kaninchen (*Barry*), Katzen (*Pflüger*) und bei der Kuh (*van Beneden*) eine die ganze Dicke derselben durchbohrende Oeffnung (*Mikropyle*) nachgewiesen, welche als Eintrittspforte für die Samenfäden bei der Befruchtung angesehen wird. An Fischeiern ist die Mikropyle sehr leicht als ein trichterförmiger Kanal zur Ansicht zu bekommen, in dessen Umgebung die Eihaut häufig eigenthümliche Zeichnungen erkennen lässt.

Ueber die Bedeutung der einzelnen Bestandtheile des Eies ist man noch nicht völlig im Klaren. Sicher ist, dass dem Ei von Anfang seiner Bildung her der Charakter einer Zelle zukommt, dass der Dotter als Protoplasma, das Keimbläschen als Zellkern und der Keimfleck als Kernkörperchen anzusehen ist. Die Zona pellucida, früher als Zellmembran gedeutet, wird derzeit von den Meisten als eine secundäre, von der Umgebung des Eies herstammende (cuticulare) Bildung angesehen. Ihre feine, radiäre Streifung ist verschieden gedeutet worden. Die Meisten nehmen sie als den Ausdruck feinster Porenkanälchen, welche die ganze Dicke der Zona durchziehen. Hingegen hält es *Flemming* für wahrscheinlich, dass sie Intercellularbrücken zwischen dem Eiprotoplasma und den Follikelepithelzellen darstellen, also protoplasmatische Verbindungen der Substanz der Eizelle mit den Nachbarzellen, welche die hyaline Masse der Zona durchsetzen.

An Eiern, welche man künstlich aus reifen Eierstocksfollikeln entleert hat, oder welche man, auf natürlichem Wege ausgestossen, unter günstigen Verhältnissen im Eileiter vorfindet, beobachtet man stets, der Zona pellucida ringsum anhaftend, eine oder mehrere Reihen kurzcylindrischer Zellen, welche aus dem Ovarialfollikel herstammen und eine accessorische Umhüllung des Eies darstellen (*Zona radiata*).

2) Die weiblichen Geschlechtsdrüsen.

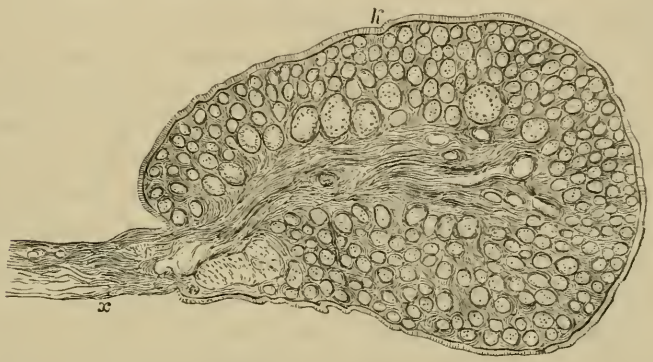
Der *Eierstock* (*Ovarium, Oophoron*) ist eine Drüse, deren primäre Formationen im ausgebildeten Zustande in Gestalt von geschlossenen, kugeligen Blasen (*Eierstocksfollikel*) auftreten. Auch in anderer Beziehung unterscheidet sich der Eierstock von der männlichen Geschlechtsdrüse sehr wesentlich, insofern nemlich das weibliche Geschlechtsproduct, das Ei, in den geschlossenen Drüsenformationen nicht erst gebildet wird, sondern von vorneherein in ihnen enthalten ist. Die eigentliche Aufgabe der Eierstocksfollikel ist daher nur mehr die weitere Ausbildung und Reifung des Eies und die Einleitung zur Ausstossung desselben. Mit der Erfüllung dieser Aufgabe wird zugleich die Existenz des einzelnen Eierstocksfollikels vernichtet, ein Rest von ihm (*das Corpus luteum*) bleibt noch durch einige Zeit erhalten, verschwindet aber dann ebenfalls. — Eine hervorragende Bedeutung nimmt wegen seiner genetischen Beziehungen zu den Eierstocksfollikeln das Epithelialstratum ein, welches die ganze Oberfläche des Eierstockes überzieht (*Keimepithel — Waldeyer*).

Als Träger der erwähnten Bildungen, sowie der Gefässe und Nerven, kommt endlich noch das bindegewebige Gerüst (*Stroma*) in Betracht.

Mit Bezug auf die Anordnung der Theile im Eierstock unterscheidet man eine *Marksubstanz* (*Gefässschichte, Waldeyer*) und eine *Rindensubstanz* (*Parenchymschichte, Waldeyer*). Die erstere besteht aus einer stärkeren Anhäufung von Bindegewebe, welche die centralen Parthieen des Organes einnimmt und die gröberen Gefäss- und Nervenramifikationen enthält. Die Rindensubstanz ist hingegen der ausschliessliche Sitz der typischen Drüsenformationen (Fig. 155).

Das bindegewebige Gerüst des Eierstockes (*Stroma*) muss als eine über das ganze Organ verbreitete, einheitliche Formation aufgefasst werden, wenngleich in verschiedenen Bezirken sich etwas differente Verhältnisse in der Anordnung und in der Structur geltend machen. Es bildet in der Marksubstanz eine ausgebreitete, zusammenhängende

Fig. 155.



Durchschnitt durch den Eierstock eines sechs Wochen alten Kaninchens. Bei x der Querschnitt des breiten Mutterbandes, und in demselben, unmittelbar an dem Hilus Ovarii, eine dem Venenplexus entsprechende Lücke. k Keimepithel. In der Rindensubstanz zahlreiche kleine und einzelne, etwas grössere Follikel. (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

Masse, in welche das Gewebe des Ligamentum ovarii und das durch den Hilus eindringende Bindegewebe des Ligamentum latum unmittelbar übergeht. Man kann an der Marksubstanz eine mittlere, lockerer gewebte Parthie (*Hilusstroma*) unterscheiden, welche die ersten Ausbreitungen der grösseren Gefässe enthält, und einen der Rindenschichte zugewendeten Antheil, der durch festere Fügung und dichte, feinere Gefässramifikationen ausgezeichnet ist. In geweblicher Hinsicht steht das Bindegewebe der Marksubstanz dem Interstitialgewebe anderer parenchymatöser Organe nahe; es enthält starke, in schiefen Winkeln sich überkreuzende Bindegewebsbündel mit platten, zelligen Elementen und ziemlich reichlichen elastischen Fasernetzen. Ausserdem sind Züge von glatten Muskelfasern, insbesondere dem Verlauf der Blutgefässe entlang, nachgewiesen worden. — Von dem Bindegewebslager der Marksubstanz strahlen nach allen Richtungen hin Fortsetzungen in die

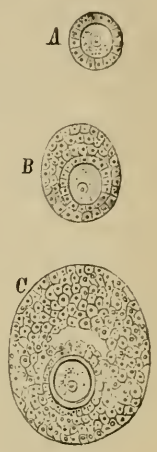
Rindensubstanz aus, welche sich zwischen den Drüsenformationen hinziehen und in der unmittelbaren Umgebung der letzteren sich zu wahren Kapseln gestalten können (siehe unten). An der Oberfläche des Organes d. h. unter dem Epithel desselben verdichtet sich bei erwachsenen (geschlechtsreifen) Personen das Rindenstroma zu einer fortlaufenden Bindegewebslage (*Tunica albuginea*), welche aus zwei oder mehreren, durch entgegengesetzte Verlaufsrichtung der Bindegewebsbündel scharf von einander sich abhebenden Schichten zusammengesetzt wird. Es muss besonders betont werden, dass, wie zuerst *Waldeyer* beobachtet hat, bei Kindern und noch ganz jungen Thieren eine Albuginea nicht existirt, indem die Drüsenformationen bis unmittelbar an das Epithelstratum heranreichen, und dass auch bei erwachsenen Individuen ein inniger Zusammenhang der Albuginea mit dem interfollikularen Stroma allenthalben besteht. Mit Rücksicht auf seinen feineren Bau ist das Rindenstroma durch einen ganz ausserordentlichen Reichthum an spindelförmigen und sternförmigen Zellen ausgezeichnet, denen gegenüber die feinen Bindegewebsbündel und die spärlichen elastischen Elemente an Masse bedeutend zurücktreten. Nur in der Tunica albuginea macht sich die fibrilläre Textur auffälliger geltend. Ob sich glatte Muskelfasern in nennenswerther Menge an dem Aufbau des Rindenstromas betheiligen, ist noch immer Gegenstand der Controverse. Jedenfalls stehen den positiven Angaben mehrerer Autoren schwerwiegende Bedenken entgegen.

Das Epithel des Eierstockes. Die ganze Oberfläche des Eierstockes ist von einer einschichtigen Lage cylindrischer oder cubischer Zellen bedeckt, welchen alle Charaktere von Epithelialzellen zukommen. Man bezeichnet diese Zellenlage nach *Waldeyer* als *Keimepithel.* Diese Bezeichnung ist um so zutreffender, als es *Waldeyer* gelungen ist, nicht nur die Herkunft dieser Zellen auf jenes embryonale Keimepithel zurückzuführen, aus welchem sich in letzter Linie alle drüsigen und epithelialen Elemente der Geschlechtsorgane, somit auch die des Ovariums selbst, herleiten lassen, sondern auch festzustellen, dass in ihm die erste Keimstätte für die Eichen selbst gesucht werden müsse. Es finden sich nemlich stellenweise zwischen den cylindrischen Elementen des embryonalen Keimepithels einzelne Zellen eingestreut, welche sich durch rundliche Gestalt, durch grössere Dimensionen und durch ihren grossen, kugeligen, stets scharf hervortretenden Kern auszeichnen. Sie sind es, welche sich weiterhin zu Eichen ausbilden, und es hat daher *Waldeyer* auf sie den Namen *Primordialeier* (*His*) übertragen. Das Keimepithel setzt sich am Hilus ovarii in einer scharfen Grenzlinie gegen die platten Epithelialzellen des Bauchfelles ab.

Die Drüsenformationen des Eierstockes gehen aus einer Wucherung

der Zellen des Keimepithels hervor, mit welcher zugleich ein rasches Vorwachsen des bindegewebigen Gerüstes von der Marksubstanz gegen die Oberfläche hin Hand in Hand geht. In Folge dessen werden zunächst zahlreiche, kleinere Gruppen von Epithelzellen durch Bindegewebszüge umwachsen und erscheinen allenthalben an der Peripherie des Organes in Lücken des Stromas eingeschlossen. Im weiteren Verlaufe dieses Vorganges nehmen einerseits diese abgeschlossenen Zellengruppen (*Eiballen, W.*) an Zahl zu, andererseits aber verlängern sie sich allmälig zu schlauch- oder strangartigen Bildungen, welche vielseitig unter einander zusammenhängen. Sowohl die Eiballen, als auch die schlauchartigen Formationen (*Eischläuche, Pflüger*) enthalten neben einander die typischen Cylinderzellen des Keimepithels und die grösseren, rundlichen, als Primordialeier bezeichneten Elemente desselben. Die letzteren halten in den schlauchartigen Formationen gewöhnlich die Mitte ein und erscheinen reihenartig an einander geordnet (*Eiketten, Pflüger*). Eine structurlose Membrana propria, welche *Pflüger* als Begrenzung der Eischläuche anführt, wird von den meisten anderen Autoren in Abrede gestellt.

Fig. 156.



Eierstocksfollikel in verschiedenen Phasen der Ausbildung. (Meerschweinchen.)
A. Primärfollikel.
B. Follikel mit mehrschichtiger Zellenlage.
C. Follikel mit mehrschichtiger Zellenlage und beginnender Ansammlung von Liquor folliculi in einer spaltförmigen Lücke.
(Hartnack, Object. V, Ocul. 2.)

In dem Eierstocke des neugeborenen Kindes findet man bereits eine grosse Anzahl von kleinen, selbständigen Follikeln. Diese, unter dem Namen der *Primärfollikel* bekannten Gebilde entstehen durch Abschnürung aus den Eischläuchen und stellen ein kugeliges, von einer einfachen Lage kleiner, cubischer Zellen gebildetes Bläschen dar, dessen Lichtung vollständig durch eine Eizelle ausgefüllt wird (Fig. 156 A). Die letztere besteht aus einem äusserst feinkörnigen Protoplasma mit kugeligem Kern und deutlichem Kernkörperchen, lässt aber noch keine Spur einer umhüllenden Membran erkennen. In sehr seltenen Fällen kommen auch zwei Eizellen in einem Primärfollikel zur Beobachtung.

Es möge schon jetzt bemerkt werden, dass wahrscheinlich nicht die ganze Masse der Eischläuche den Entwicklungsprocess zu Primärfollikeln durchmacht. Ein Theil derselben scheint auf einer bestimmten Stufe der Ausbildung stehen zu bleiben. Von diesen leitet *Nussbaum* jene grösseren und kleineren Gruppen von grobgranulirten Zellen her, welche man an Eierstöcken jugendlicher Thiere in wechselnder Zahl zwischen den Primärfollikeln findet. Er nennt sie *abortive Eischläuche* und hält sie für gleichwerthig mit den Gruppen der Zwischenzellen des Hodens.

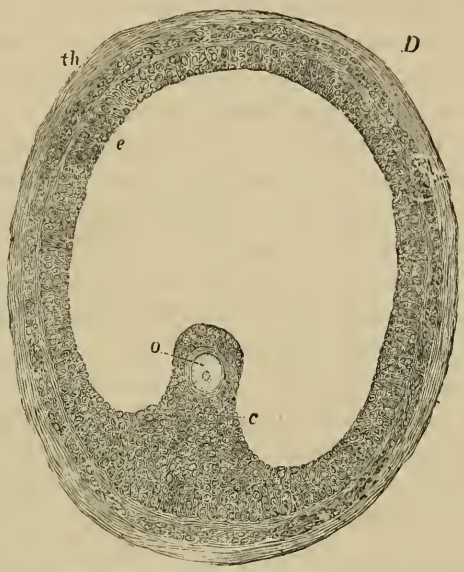
Die weitere Ausbildung der Eierstocksfollikel geht in folgender Weise vor sich. Es erfolgt zunächst eine rasche Vermehrung der cubischen Wandzellen, so dass das Eichen von zwei oder drei und auch mehreren Lagen von cubischen oder rundlichen Zellen umgeben wird und der ganze Follikel an Grösse allmälig zunimmt. Zugleich fällt auf, dass das Eichen eine etwas excentrische Lage eingenommen hat. Nun bildet sich an einer annähernd in der Mitte des Follikels gelegenen Stelle, zwischen den kleinen, rundlichen Zellen eine spaltförmige Lücke, die von einer klaren, farblosen Flüssigkeit erfüllt erscheint (Fig. 156 C). Indem sich diese allmälig erweitert, wandelt sich der Follikel in eine mit Flüssigkeit erfüllte Blase um, deren Wandungen zunächst durch die nach Art eines vielschichtigen Epithels geordneten, kleinen, cubischen Zellen hergestellt sind. Gleichzeitig hat aber auch durch das Heranwachsen des Follikels das benachbarte Stromagewebe eine eingreifende Umlagerung seiner Elemente erfahren, so dass es nun eine ziemlich scharf begrenzte Kapsel für denselben abgibt. In diesem Zustande werden die Drüsenformationen des Eierstockes als *Graaf'sche Follikel* bezeichnet. Dieselben besitzen einen Durchmesser von 0·5—5 Mm. und können mit Hülfe von Lanzettnadeln leicht aus dem Eierstock ausgeschält werden. Durch Zerzupfen in Jodserum bringt man sich dann ihre Bauelemente isolirt zur Anschauung, während die Anordnung derselben an Durchschnitten nicht völlig ausgewachsener Follikel am besten untersucht werden kann.

Man unterscheidet an dem *Graaf'schen* Follikel (Fig. 157) zunächst die bindegewebige Umhüllung (*Theca folliculi*), welche ganz scharf zweierlei Schichten erkennen lässt. Die äussere derselben (*Tunica fibrosa, Henle*) besitzt eine feinfibrilläre Beschaffenheit und eine sehr dichte Fügung ihrer Elemente; sie hängt allerseits mit dem Rindenstroma unmittelbar zusammen und hebt sich von diesem nur durch die circuläre Anordnung ihrer Elemente ab. Die innere Schichte (*Tunica propria, Henle*) ist durch ihren grossen Reichthum an Bindesubstanzzellen ausgezeichnet und ist der Sitz einer dichten, capillaren Gefässausbreitung. Der inneren Oberfläche der Theca folliculi ruht eine mehrfache Lage von Zellen auf, welche unter dem Namen des *Follikelepithels* (*Membrana granulosa*) bekannt ist. Die Elemente desselben sind durch wiederholte Theilungen aus den Wandzellen der Primärfollikel hervorgegangen und zeigen im Allgemeinen eine rundliche Gestalt, wenig scharfe Abgrenzung und ein trübes, körnchenreiches Protoplasma. Nur die am meisten peripher gelegenen Zellen unterscheiden sich durch kurzcylindrische oder cubische Gestalt. An einer Stelle besitzt die Membrana granulosa durch stärkere Anhäufung ihrer Zellen eine beträchtliche Verdickung, welche hügelartig gegen den Innenraum des Follikels vorspringt und

nahe ihrer höchsten Wölbung das Eichen in sich beherbergt. Man bezeichnet sie als *Cumulus ovigerus* (*Kölliker*) oder *Discus proligerus*. Das Eichen hat nun an Grösse erheblich zugenommen und zeigt alle Charaktere der Reife (S. 531). Die Zellen des Cumulus ovigerus, welche es unmittelbar umgeben, sind an völlig reifen Follikeln von cylindrischer Gestalt und radiär angeordnet; sie haften dem Eichen sehr fest an und werden, als Zona radiata (siehe oben), mit ihm ausgestossen.

Die Höhlung des *Graaf'schen* Follikels wird von einer oft mit feinen Körnchen vermengten, farblosen Flüssigkeit (*Liquor folliculi*)

Fig. 157.



Durchschnitt eines *Graaf'schen* Follikels aus dem Eierstock des Meerschweinchens.
th. Theca folliculi mit ihren beiden Schichten, e. Membrana granulosa, c. Cumulus ovigerus. o. Ei mit Hülle und Kern. (Hartnack, Object. V, Ocul. 2.)

ausgefüllt, welche als das Produkt der Zellen der Membrana granulosa angesehen werden muss.

Es ist nun hervorzuheben, dass unter der grossen Zahl der Eifollikel (*Henle* schätzt sie für den Eierstock eines 18jährigen Mädchens auf 36,000) während des Kindesalters, etwa vom zweiten Lebensjahre an, und während der Periode der Zeugungsfähigkeit stets alle denkbaren Zwischenstufen zwischen dem Zustande des Primärfollikels und dem blasenförmigen *Graaf'schen* Follikel beobachtet werden können. Die ersteren finden sich stets in den peripheren Parthieen der Rinde, die weiter vorgeschrittenen Follikel an der Grenze der Marksubstanz. In Folge des raschen Wachsthums drängen sich jedoch die letzteren zwischen den peripher gelegenen Primärfollikeln gegen die Oberfläche

des Eierstockes hin, so dass endlich ein völlig reifer Follikel fast die ganze Dicke der Rindensubstanz einnehmen und selbst an der Oberfläche des Organes eine bucklige Vorwölbung erzeugen kann. Der Cumulus ovigerus kommt dann gewöhnlich an die tiefste Stelle des Follikels zu liegen. Ihm gegenüber, an dem am meisten gegen die Oberfläche prominirenden Punkte der Follikelwandung, erscheint nun eine circumscripte, stark verdünnte, gefässlose Stelle (*Macula pellucida folliculi*), an welcher zur Zeit der Menstruation der Follikel platzt und seinen Inhalt entleert.

Damit hat derselbe seine Aufgabe vollendet und fällt nun einer *regressiven* Metamorphose anheim; er wird zum *gelben Körper* (*Corpus luteum*). Da die Rückbildung des Follikels erfahrungsgemäss in etwas differenter Weise vor sich geht, je nach dem der Ausstossung des Eichens Schwangerschaft gefolgt war, oder nicht, so unterscheidet man zwischen *wahren* und *falschen* gelben Körpern. Die ersteren sind durch besondere Grösse (ungefähr 1 Cm. Durchmesser) ausgezeichnet und erhalten sich nicht nur während der ganzen Dauer der Schwangerschaft, sondern auch noch durch einige Zeit nach Ablauf derselben. Die falschen gelben Körper sind viel kleiner und verschwinden im Laufe von 6—8 Wochen vollständig. Der Process der Rückbildung selbst kann als eine Vernarbung betrachtet werden, welche durch Wucherung der Elemente der Tunica propria eingeleitet wird. Da aber in der Mehrzahl der Fälle beim Bersten des Follikels aus den zerrissenen Gefässen der Theca ein Bluterguss in die Höhle desselben zu Stande kommt, andererseits aber durch die zurückgebliebenen Zellen der Membrana granulosa eine gelbliche, dotterähnliche Flüssigkeit producirt wird, so complicirt sich der Vernarbungsprocess mit der gleichzeitigen regressiven Metamorphose der genannten, den Inhalt des gelben Körpers darstellenden Flüssigkeiten und mit dem allmäligen Zerfall der Granulosazellen. Von den wahren gelben Körpern erhält sich noch durch Jahre eine strahlige Narbe, deren Mitte durch eine gelbliche oder bräunliche, mitunter von Hämatoidinkrystallen durchsetzte, krümelige Masse eingenommen wird.

Es ist noch hervorzuheben, dass keineswegs alle beim Kinde vorhandenen Primärfollikel zur völligen Reife gelangen. Ein grosser Theil derselben entwickelt sich überhaupt nicht weiter, sondern fällt der Rückbildung und dem völligen Schwunde anheim. Aber auch ausgebildete *Graaf'sche* Follikel können eine regressive Metamorphose eingehen und sammt dem Ei zu Grunde gehen.

Die Blutgefässe des Eierstockes. Aus dem breiten Mutterbande treten mehrere arterielle Stämmchen, der Art. spermatica und uterina entstammend, in den Hilus des Eierstockes und zerfallen in den centralen Parthieen der Marksubstanz durch wiederholte Theilungen in viele

kleinere Aeste. Diese ziehen, nach allen Richtungen divergirend, in den peripheren Theil der Marksubstanz, um daselbst ein reichliches Netzwerk herzustellen (daher der Name Zona vasculosa). Aus diesem erhält die Rindensubstanz feinere und gröbere Zweigchen, welche sich einerseits im Stromagewebe zwischen den Follikeln ausbreiten, andererseits aber das reichliche Capillarnetz in der Tunica propria der grösseren Follikel speisen. Besonders bemerkenswerth ist bezüglich der arteriellen Zweige der allenthalben korkzieherähnlich gewundene Verlauf und die starke Entwicklung der Muskelfasern in ihrer Wandung. Die Venen sind auffallend weit und dünnwandig und erzeugen, aus dem Organ ausgetreten, unmittelbar an dem Hilus einen dichten, compacten Plexus, welcher mit Recht als ein Schwellnetz bezeichnet werden kann.

Auch an *Lymphgefässen* ist der Eierstock sehr reich. Nach den Untersuchungen von *His* finden sich allerwärts im Stroma, insbesondere aber in der bindegewebigen Wandung der *Graaf'schen* Follikel, capillare Lymphgefässnetze, deren Abzugswege, in Gestalt weiter Gefässchen, im Hilusstroma nachweisbar sind; erst ausserhalb des Organes, im Ligamentum latum, gehen sie in klappenführende Stämmchen über.

Ueber das Verhalten der *Nerven* im Inneren des Organes liegt eine Mittheilung von *Ellischer* vor, nach welcher in der Theca der grösseren Follikel grobmaschige Netze markloser Fasern sich ausbreiten, von denen feine Ausläufer an die Membrana granulosa herantreten und in den Zellen derselben endigen sollen.

Als Reste embryonaler Bildungen, welche in der Nähe der weiblichen Geschlechtsdrüsen ihren Sitz haben, sind zu verzeichnen:

Das *Epoophoron* (*Parovarium, Rosenmüller'sches Organ*). Es besteht aus geschlängelten, blind endigenden Kanälchen, deren Wandungen durch feste Bindegewebslagen und durch eine Auskleidung flimmertragender Cylinderzellen hergestellt werden. Sie haben ihren Sitz im lateralen Abschnitte des Fledermausflügels, nahe an der Fimbria ovarica, über dem Eierstock und reichen bis an den Hilus des letzteren herab. Bei manchen Thieren (z. B. Hund, Meerschweinchen) dringen sie in die Marksubstanz des Eierstockes ein und können in derselben eine so erhebliche Ausbildung erlangen, dass sie den bei weitem grösseren Theil des Eierstockes ausmachen. Sie sind Reste des Sexualtheiles des *Wolff'schen* Körpers, den Kanälchen des Nebenhodens homolog.

Das Paroophoron ist an erwachsenen Individuen erst vor nicht langer Zeit durch *Waldeyer* nachgewiesen worden: es hat seinen Sitz im medialen Abschnitte des Fledermausflügels und reicht oft bis an den Seitenrand des Uterus heran. Es besteht aus einer Anzahl verzweigter, mit Cylinderzellen ausgekleideter Kanälchen, welche als Residuen des Urnierentheiles des *Wolff'schen* Körpers anzusehen sind.

3) Die Eileiter.

An ihrer Wandung ist die Schleimhaut, die Muskelhaut und der seröse Ueberzug zu unterscheiden.

Die *Schleimhaut* ist zunächst durch ihre eigenthümliche Oberflächengestaltung bemerkenswerth. Im Bereiche des Isthmus tubae findet man sie stets in eine Anzahl steil erhobener, der Länge nach ziehender Falten gelegt, so dass die Lichtung des Isthmus an Querschnitten eine mehrstrahlige Figur darstellt. In dem lateralen Theile des Eileiters (*Ampulle*) erlangen die Längsfalten eine besondere Mächtigkeit und sind nicht selten durch quere oder schiefe Falten unter einander verbunden; ausserdem erheben sich an ihnen in grosser Zahl kleine, oft verzweigte, secundäre Fältchen und Leistchen, welche sich häufig an benachbarte anlegen, mitunter sogar mit solchen verschmelzen können. Dadurch erhält die Ampulle eine vielfach gebuchtete Lichtung.

Mit Bezug auf den feineren Bau zeigt das Gewebe der Tunica propria der Tubenschleimhaut eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit dem Rindenstroma der Ovarien, namentlich in Hinsicht auf die Anzahl, die Form und das äussere Aussehen der Bindesubstanzzellen. Am Grunde der Schleimhaut findet sich eine aus längslaufenden Faserbündeln zusammengesetzte Muscularis mucosae, welche im Isthmus stärker entwickelt ist und in die Längsfalten der Schleimhaut eindringt. Niemals erstreckt sie sich auf die secundären Fältchen der Ampulle. Die Submucosa wird durch eine dünne Lage fibrillären, ziemlich fest gewebten Bindegewebes hergestellt. Das Epithel ist ein einschichtiges, flimmerndes Cylinderepithel. Dasselbe setzt sich auch auf die Fimbrien fort, an deren Rande es durch eine scharfe Grenzlinie von dem Peritonealepithel abgesetzt ist. Auch die Concavität der Fimbria ovarica ist von dem flimmernden Epithel ausgekleidet; dieses erstreckt sich so bis nahe an das Keimepithel des Ovarium, bleibt aber von dem letzteren beim Menschen in der Regel durch eine schmale Brücke von flachem Peritonealepithel getrennt. *Waldeyer* hat jedoch in einzelnen Fällen beim Menschen, viel häufiger beim Schwein und in der Regel beim Kaninchen einen unmittelbaren Zusammenhang des Epithels der Fimbria ovarica mit dem Eierstockepithel nachweisen können.

Die Muskelhaut des Eileiters wird durch eine ziemlich starke circuläre und durch eine äussere, dünne, längslaufende Schichte von glatten Muskelfasern zusammengesetzt. Nach aussen von ihr bildet noch eine ansehnliche Lage subserösen Bindegewebes und endlich das Bauchfell selbst einen Bestandtheil der Wandung des Eileiters.

Von den *Blutgefässen* des Eileiters ist hervorzuheben, dass sie sich in der Schleimhaut in sehr reicher Zahl ausbreiten und nament-

lich unmittelbar unter dem Epithel ein dichtes, aus engen Röhrchen zusammengesetztes Capillarnetz herstellen. Aus diesem sammeln sich die Wurzeln der Venen und ziehen, in grosser Zahl, senkrecht durch die Schleimhautfalten in die Tiefe. Am Grunde der letzteren sind weite, vorzugsweise längslaufende Venenstämmchen eingelagert, welche von Strecke zu Strecke durch circulär gerichtete Anastomosen in Verbindung stehen. Sie nehmen nicht nur sämmtliche Venen der Schleimhaut, sondern auch eine grosse Zahl der aus der Muskelschichte sich sammelnden venösen Gefässchen in sich auf.

Lymphgefässe und *Nerven* sind noch nicht näher erforscht.

4) Die Gebärmutter.

Die *Gebärmutter* (*Uterus*) lässt im Allgemeinen drei Wandschichten erkennen, von denen die mittlere — die *Muskelschichte* — an Masse bei weitem überwiegt und für die Gestalt und Grösse des Organes bestimmend ist. Die Höhle des Uterus ist mit *Schleimhaut* ausgekleidet, seine äussere Oberfläche, wenigstens zum grösseren Theil, von dem *Bauchfell* bedeckt. Entsprechend den verschiedenen physiologischen Zuständen der Gebärmutter, welche einerseits durch das Alter des Individuums, andererseits aber durch die periodischen Menstrualblutungen, oder durch eine eingetretene Schwangerschaft bedingt sind, ergeben sich sehr erhebliche Abweichungen in der histologischen Beschaffenheit ihrer Wandungen. Am meisten betreffen dieselben unter allen Verhältnissen die Schleimhaut, dann aber auch die Muskulatur, am wenigsten den serösen Ueberzug. Für die nachfolgende Beschreibung möge der geschlechtsreife Uterus, und zwar im Zustande der Ruhe (welcher in den Zeitraum zwischen zwei Menstrualblutungen fällt), zu Grunde gelegt werden.

Die Schleimhaut der Gebärmutter besitzt zunächst die Eigenthümlichkeit, dass eine Tunica propria von einer Submucosa in keiner Weise unterschieden werden kann; es geht vielmehr ihr Gewebe continuirlich und ohne nachweisbare Veränderung seines Charakters in das intramuskuläre Bindegewebe über. Ihre Oberfläche ist im Bereiche des Körpers völlig glatt, im Cervix zu den unter dem Namen der *Plicae palmatae* bekannten Leisten erhoben und in der Portio vaginalis mit zahlreichen, kegelförmigen Papillen besetzt. Der feinere Bau des Schleimhautgewebes bietet manche Eigenthümlichkeiten dar. Seine Grundlage wird durch ein lockeres Flechtwerk äusserst feiner Bindegewebsfibrillen hergestellt; dieselben sind an Durchschnitten gehärteter Objekte niemals deutlich erkennbar, können aber an Zupfpräparaten

des frischen Objektes ohne besondere Schwierigkeit nachgewiesen werden. In den Zwischenräumen derselben sind in grosser Zahl spindelförmige und mehrstrahlige Zellen eingebettet, neben ihnen auch in wechselnder Menge lymphoide Zellen. Zu den genannten Formelementen kommt noch eine homogene, wahrscheinlich flüssige Zwischensubstanz, welche aber im ruhenden Zustande des Uterus ziemlich spärlich ist. Die Schleimhaut des Cervix unterscheidet sich von der des Körpers durch das Auftreten reichlicherer und stärkerer fibrillärer Elemente, denen gegenüber die Zellen mehr zurücktreten; lymphoide Zellen kommen nur ganz vereinzelt zur Beobachtung.

Die Oberfläche der Schleimhaut ist sowohl im Körper als in dem grössten Theil des Cervix mit einem einschichtigen, flimmernden Cylinderepithelium bedeckt. Die Richtung der Flimmerbewegung geht von dem Grunde gegen den Cervix des Uterus hin. Im Bereiche der Vaginalportion tritt geschichtetes Pflasterepithel auf, welches über die Muttermundslippen hinweg sich continuirlich auf das der Scheide fortsetzt. Nach einwärts zu ist seine Abgrenzung gegen das Flimmerepithel keineswegs eine scharfe, indem sich entlang den stärkeren Leisten der Plicae palmatae eine Art von geschichtetem Cylinderepithel in zungenförmiger Ausbreitung eine Strecke weit hinzieht, während in den zwischengelegenen Furchen bereits Flimmerepithel vorkommt. Uebrigens unterliegt die untere Grenze des Cylinderepithels individuellen Schwankungen; sie rückt nicht selten mehr oder weniger über den Muttermund auf die äussere Fläche der Muttermundslippen herab (*W. Fischel*).

In der Schleimhaut des Uterus sind zahlreiche *Drüsen (Glandulae utriculares)* eingelagert. Sie erscheinen im Bereiche des Körpers in Form von ziemlich langen, senkrecht zur Oberfläche gestellten, meist leicht geschlängelt verlaufenden Schläuchen (Fig. 158), von denen die Mehrzahl an wechselnden Stellen sich ein- oder das anderemal gabelförmig oder auch dreifach verästigt. Sie sind mit einer einschichtigen Lage cylindrischer, mit kurzen Flimmerhaaren versehener Zellen bekleidet. Die Flimmerhaare sind, wie die des Schleimhautepithels, äusserst vergänglich und daher nur an ganz frischen thierischen Objekten, unter sehr günstigen Verhältnissen, zu beobachten. Nach *Lott*, welchem wir in diesem Punkte die sorgfältigsten Untersuchungen verdanken, geht die Richtung des Flimmerstromes in einer Schraubentour von dem Grunde der Drüse gegen die Oberfläche. Eine zarte Membrana propria grenzt die Utriculardrüsen von dem Stroma der Schleimhaut ab.

Im Cervix uteri sind die Drüsen spärlicher; neben vereinzelten, denen des Körpers völlig ähnlichen Schlauchdrüsen kommen bauchig ausgeweitete, verhältnissmässig kurze Drüsenformationen vor (sogen.

Schleimbälge), deren Secretionszellen kurz cylindrisch oder cubisch erscheinen. Wahrscheinlich sind sie es, welche zur Entstehung der bekannten *Ovula Nabothi* Veranlassung geben, indem ihre Mündung aus irgend einem Grunde verlegt wird und die Drüsenwandung durch Ansammlung des schleimigen Secretes zu einem kleineren oder grösseren Bläschen ausgeweitet wird.

Die Veränderungen, welche die Schleimhaut des Uterus zur *Zeit der Menstrualperiode* erleidet, beziehen sich mehr oder weniger auf alle ihre Bestandtheile. In dem Grundgewebe der Schleimhaut erfolgt vor Allem eine bedeutende Zunahme der homogenen Zwischensubstanz, mit welcher die beträchtliche Auflockerung (d. h. die grössere Weichheit und Volumsvermehrung) der Schleimhaut Hand in Hand geht. Nebstdem erscheinen die lymphoiden Zellen in viel bedeutenderer Anzahl, die eigentlichen Bindesubstanzzellen in allen ihren Theilen wie aufgequollen und mit einzelnen Fetttröpfchen besetzt. Die Drüsen sind beträchtlich erweitert, die Secretionszellen vergrössert und ebenfalls mit feinen Fetttröpfchen in wechselnder Menge erfüllt. Der blutige Schleim, welcher das Cavum uteri ausfüllt, enthält reichliche, abgestossene Epithelzellen. Die genannten Eigenschaften der Uterusschleimhaut beobachtet man nun nicht nur während der Zeit, als die Menstrualblutung erfolgt, sondern auch noch in wechselndem Grade mehrere Tage vor und nach derselben, so dass der Zustand der Ruhe, wie es scheint, nur auf einen ziemlich kurzen Zeitraum beschränkt ist (*Kundrat*).

Fig. 158.

Querdurchschnitt durch die Gebärmutter eines Affen (Cercopithecus).
a. Spaltförmige Höhle der Gebärmutter. b. Uterindrüsen. c. Muskelschichte. (Hartnack, Object. V, Ocul. 2).

Die Muskulatur der Gebärmutter wird ausschliesslich aus glatten Fasern hergestellt, welche zu kleineren und grösseren Bündeln vereinigt, in zahlreichen Lagen über einander geschichtet sind. Die Anordnung derselben ist beim Menschen eine äusserst complicirte, insofern, als eine scharfe Sonderung der einzelnen Muskellagen nur in ganz beschränktem Maasse möglich ist und die Verlaufsrichtungen der Faserbündel selbst in einer und derselben Schichte oft sich vielfach durch-

kreuzen. Es gehen daher auch die Darstellungen der verschiedenen Autoren sehr weit auseinander.

Die Untersuchung begegnet sehr grossen Schwierigkeiten. Am meisten kann die von *Kreitzer* angegebene Methode empfohlen werden, nach welcher der Präparation Einspritzung von Carbolsäurelösung und längeres Einlegen des Objektes in carbolsäurehaltiges Wasser vorausgehen muss. Die Präparation selbst geschieht theils durch schichtenweise Ablösung der Muskulatur von innen und von aussen her, theils aber durch Herstellung von Durchschnitten in longitudinaler und transversaler Richtung.

Man kann an der Muskelmasse der Gebärmutter drei Abtheilungen unterscheiden, von denen die mittlere (*Stratum vasculare*, *Kreitzer*) bei weitem die mächtigste ist und als die Grundlage des Ganzen angesehen werden kann. Die äussere und die innere stellen gewissermassen accessorische Muskellagen dar.

Das *Stratum vasculare* führt seinen Namen von dem dichten Plexus weiter Venen, welcher sich zwischen den Muskelbündeln ausbreitet. Die letzteren selbst besitzen keineswegs eine völlig einheitliche Verlaufsrichtung, sondern man findet allenthalben circuläre Bündel mit schiefen und selbst longitudinalen auf das innigste verflochten. Die circulären Bündel wiegen im Allgemeinen vor und stellen namentlich an dem Isthmus uteri einen wahren Schliessmuskel her.

Die *äussere* Muskellage (*Stratum supravasculare*) besteht aus dicht verwebten, longitudinalen und circulären Faserbündeln. Unter den ersteren tritt in der Medianlinie ein stärkerer, von vorne nach rückwärts über den Fundus hinweg ziehender Streifen besonders hervor. Ein Theil der circulären Bündel schlägt sich nach den Seiten zu auf die Ligamenta rotunda über. Zu dieser Muskellage kann auch noch ein oberflächlichstes, dicht unter der Serosa gelegenes und mit dieser untrennbar verschmolzenes, dünnes Muskelblatt (*Stratum subserosum*, *Kreitzer*) gezählt werden. Dasselbe ist aus longitudinalen Faserbündeln zusammengesetzt, welche den Fundus übergreifen und vorne und rückwärts bis an den Cervix herunterlaufen, in dessen Höhe sie sich in ein fibröses Gewebe einpflanzen. Ein Theil der am meisten nach den Seiten gelegenen Fasern des Stratum subserosum biegt in die Ligamenta lata um.

Die *innere* Muskellage (*Stratum submucosum*) wird aus einer dünnen Schichte longitudinal und schräg verlaufender Faserbündel zusammengesetzt, zwischen welche das Bindegewebe der Schleimhaut allerwärts hineingreift. Um die Mündungen der Eileiter ordnen sie sich zu concentrischen Kreistouren.

Im *Cervix uteri* ist die Schichtung der Muskulatur viel schärfer ausgesprochen und man kann deutlich eine mittlere circuläre und eine äussere und eine innere longitudinale Muskellage unterscheiden, welche

sämmtlich mit den entsprechenden Schichten des Körpers in ununterbrochener Continuität stehen.

Die Blutgefässe dringen von den seitlichen Rändern her in die Substanz des Uterus ein. Die *Arterien* verlaufen, vielfach geschlängelt, durch das Stratum vasculare und zerfallen in diesem zu zahlreichen kleinen Zweigchen, welche theils nach den äusseren Muskelschichten, theils aber nach einwärts bis zur Schleimhaut ziehen. In dieser bilden sie ein ziemlich reichliches, bis unmittelbar unter das Epithel vordringendes Capillarnetz mit unregelmässigen Maschenräumen.

Die *Venen* sammeln sich zunächst in den tiefsten Schichten der Schleimhaut zu einem weitmaschigen Geflecht, von welchem aus zahlreiche Stämmchen durch die inneren Muskellagen in das Stratum vasculare ziehen, um dort, mit anderen Muskelvenen vereint, das bereits erwähnte Venengeflecht herzustellen. Die stärkeren Stämmchen des letzteren sind vorwiegend transversal geordnet und übergreifen zum Theil vorne und rückwärts die Mittellinie, theils aber fliessen sie mit einem median über den Fundus nach rückwärts ziehenden venösen Stämmchen zusammen. Die grossen, ableitenden Venen sammeln sich an dem Seitenrande des Körpers.

Die Lymphgefässe wurzeln mit einem unregelmässigen, häufig mit blinden Anhängen versehenen, capillaren Netze in der Schleimhaut und durchziehen als vereinzelte Stämmchen, meist in Begleitung der Blutgefässe, die Muskelschichten. Dort fliessen sie mit anderen, aus den Interstitien der Muskelbündel sich sammelnden Stämmchen zusammen. Ein dichtes, über das ganze Corpus uteri verbreitetes Lymphgefässnetz ist auch noch unter dem serösen Ueberzuge eingebettet.

Die *Nerven* sind bezüglich ihres Verhaltens in den Wandungen des Uterus noch nicht genauer gekannt. Vor ihrem Eintritt in denselben enthalten die Stämmchen ab und zu grössere und kleinere Gruppen von Ganglienzellen.

5) Die Scheide und die äusseren weiblichen Genitalien.

An der *Scheide* (*Vagina*) unterscheidet man die Schleimhaut, die Muskelhaut und eine äussere Faserhaut.

Die Tunica propria der *Schleimhaut* trägt an ihrer Oberfläche allenthalben zahlreiche, kegelförmige Papillen, nur am Grunde der tieferen Furchen, zwischen den zahlreichen Leisten und Kämmen der Schleimhaut scheinen sie regelmässig zu fehlen. Nach aussen geht die Tunica propria mit ziemlich scharfer Grenze in die Submucosa über. Ihr Gewebe besteht aus vielfach überkreuzten, feinen Bindegewebsbündeln mit spärlichen, zarten elastischen Fasern, zwischen denen platte

Bindesubstanzzellen und in reichlicher Zahl auch lymphoide Zellen eingefügt erscheinen. Nicht selten beobachtet man circumscripte, follikelähnliche Einlagerungen adenoiden Gewebes, jedoch in äusserst schwankender Zahl und Verbreitung. Während sie manchen Personen völlig zu fehlen scheinen, findet man sie in der Regel ganz vereinzelt in den verschiedensten Bezirken der Schleimhaut vertheilt. In einzelnen Fällen können sie aber in sehr grosser Zahl auftreten und wie *Henle* an einer jugendlichen Selbstmörderin beobachtet hat, zum Theil reihenweise angeordnet sein.

Das submucöse Bindegewebe unterscheidet sich in seinem Bau durch das Vorkommen stärkerer Bindegewebsbündel, durch reichlichere Beimengung von gröberen elastischen Fasern und durch die lockere Fügung der Elemente. Die Oberfläche der Schleimhaut ist mit einem typischen geschichteten Pflasterepithel bekleidet. — Drüsige Einlagerungen fehlen der Vaginalschleimhaut gänzlich.

Die *Muskelhaut* wird durch längs und quer gerichtete, glatte Muskelfasern zusammengesetzt. Dieselben sind nicht durchwegs zu ausgeprägten Schichten geordnet, da sich zwischen ihren Bündeln ein dichtes Netz weiter Venen ausbreitet. Im Allgemeinen kann man eine äussere, ziemlich geschlossene Lage longitudinaler Fasern und eine innere Lage unterscheiden, welche jedoch nicht continuirlich ist, zumeist aus circulären Fasern besteht, aber auch ab und zu längsgerichtete und schiefe Faserbündel enthält.

Die *äussere Faserhaut* besteht aus ziemlich fest gewebtem, an elastischen Fasern sehr reichem Bindegewebe und enthält die gröberen Ramifikationen der Gefässe und Nerven.

Blutgefässe und *Lymphgefässe* bilden in der Schleimhaut je ein oberflächliches und ein tieferes, in der Submucosa ausgebreitetes Netzwerk. Aus dem oberflächlichen Blutgefässnetz zweigen zahlreiche Gefässschlingen für die Papillen ab; das tiefere ist besonders durch die relative Weite und durch die zahlreichen Anastomosen der Venen ausgezeichnet.

Die *Nerven* der Vagina gehen aus einem in der äusseren Faserhaut ausgebreiteten, mit zahlreichen kleinen Ganglien besetzten Nervenplexus hervor. Ihre Endigungsweise in der Schleimhaut ist beim Menschen noch nicht erforscht. Beim Kaninchen hat *W. Krause* längliche Endkolben an der Basis der Papillen nachgewiesen.

Von der Scheide erstreckt sich die Schleimhaut ohne wesentliche Veränderung ihrer geweblichen Eigenschaften auf das *Vestibulum vaginae*. Dort erhebt sie sich, mit bereits etwas verändertem Charakter, zu den unter dem Namen *Labia minora* bekannten Falten; auch das

Frenulum und das *Präputium clitoridis*, sowie die Ueberkleidung der *Glans clitoridis*, werden durch eben dieselbe modificirte Schleimhaut hergestellt. Hingegen ist die *Scheidenklappe* (*Hymen*) als eine einfache Duplicatur der Vaginalschleimhaut anzusehen. Der völlige Uebergang der Schleimhaut in die äussere Haut erfolgt bei intakten Genitalien ganz allmälig an der Innenfläche der Labia majora. Bemerkenswerth sind folgende Eigenthümlichkeiten:

In der Submucosa der *Vorhofsschleimhaut* sind in grösserer Zahl kleine, acinöse Schleimdrüschen eingelagert; namentlich ist es die nächste Umgebung der Harnröhrenmündung und der Clitoris, wo sie in dichteren Massen gedrängt stehen.

Die *kleinen Schamlippen* besitzen im Allgemeinen noch die Eigenschaften der Vaginalschleimhaut, jedoch treten in dem epithelialen Ueberzug gewisse Modifikationen auf. Abgesehen davon, dass die Zellen der tieferen Schichten mit Pigmentkörnchen besetzt sind, findet man die oberflächlichste Lage desselben bereits von kernlosen Zellen gebildet, ein Befund, welcher sonst nur der Epidermis zukommt. Ausserdem enthalten die kleinen Schamlippen, sowohl an der inneren, als auch an der äusseren Fläche verhältnissmässig grosse und zahlreiche Talgdrüsen. Mit Rücksicht darauf, dass die kleinen Schamlippen in ihrem äusseren Aussehen das Bild einer Schleimhaut geben, und auch, weil sie bei Kindern noch keine Talgdrüsen enthalten, muss man sie wohl als eine Uebergangsformation zwischen Schleimhaut und äusserer Haut betrachten.

Die *grossen Schamlippen* besitzen an ihrer äusseren Fläche und an ihrem freien Rande alle Eigenschaften der äusseren Haut.

Die *Clitoris* zeigt mit Bezug auf ihre cavernösen Körper völlig entsprechende Verhältnisse wie der Penis (*Gussenbauer*). An der Glans clitoridis sind als Nervenendigungen die sogen. Genitalnervenkörperchen (vgl. S. 321) und ausserdem kugelige Endkolben und Tastkörperchen nachgewiesen worden (*Krause*).

Die *Bartholinischen Drüsen* gleichen in ihrem Bau völlig den ihnen beim Manne entsprechenden *Cowper'schen* Drüsen.

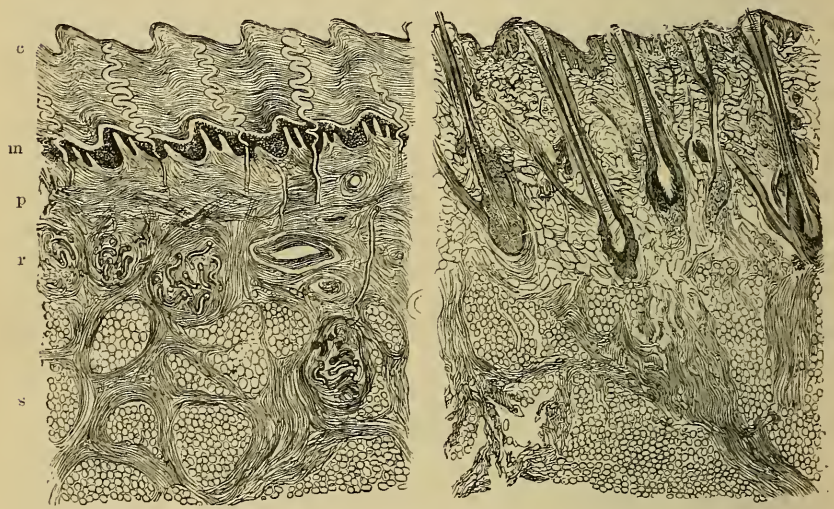
IX. Kapitel.

Die äussere Haut.

Es ist schon an einer früheren Stelle darauf hingewiesen worden, dass die äussere Haut ihrer ganzen Anlage nach vielfache Analogien mit den Schleimhäuten erkennen lässt. So sind, gleich wie bei diesen,

zunächst zwei wesentlich von einander verschiedene Bestandtheile zu nennen: eine bindegewebige Grundlage — die *Lederhaut* (*Cutis*, *Derma*) und ein epithelialer Ueberzug — die *Oberhaut* (*Epidermis*). Die Lederhaut zerfällt wieder in zwei Abtheilungen: eine fester gewebte Schichte, welche das eigentliche mechanische Gerüst der Haut darstellt (das *Corium*), und eine meist lockerer geformte, tiefere Schichte, welche die Verbindung des Corium mit den unterliegenden Gebilden vermittelt, das *subcutane Bindegewebe* (Fig. 159). Specifische Eigenthümlichkeiten der äusseren Haut sind die *epidermoidalen Anhangsgebilde* (*Nägel* und *Haare*) und besondere Arten von Drüsen (*Talg-* und *Schweissdrüsen*).

Fig. 159.



A. Senkrechter Durchschnitt durch die Haut der Plantarseite der grossen Zehe (Mensch). Die Schnittrichtung fällt quer zu den Cutisleisten. — c Stratum corneum, m Stratum *Malpighi* der Epidermis, p Pars papillaris, r Pars reticularis des Corium (in der letzteren sind die Durchschnitte von Schweissdrüsen sichtbar), s subcutanes Bindegewebe mit eingelagerten Fettgewebsläppchen.
B. Durchschnitt durch die Kopfhaut des Menschen, parallel der Richtung der Haarbälge geführt. (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

An dem *Corium* kommt zuvörderst *die Gestaltung der Oberfläche* in Betracht. Allenthalben erheben sich an ihr, wie an vielen Schleimhäuten, Papillen, welche jedoch nach Grösse, Form und Zahl an den verschiedenen Bezirken ganz namhafte Differenzen aufweisen. Am grössten und am zahlreichsten sind sie an der Beugefläche der Hand und des Fusses, sowie an der Brustwarze und an der Glans penis. Sie erscheinen hier kegel- oder fadenförmig, oft mehrere mit ihrer Basis verschmolzen (zusammengesetzte Papillen). An allen anderen Orten bilden sie kleine, theils flache, theils stumpfspitzige Erhabenheiten, oder sind wohl auch (wie an der behaarten Haut des Kopfes) nur ganz rudimentär vorhanden.

Die Anordnung der Papillen ist nicht durchwegs eine gleichartige; sie steht hauptsächlich mit einer anderen Eigenthümlichkeit der Oberflächengestaltung, welche der äusseren Haut zukommt, in Zusammenhang. Es erweist sich nämlich das Corium von zahllosen, an keinem Bezirke des Körpers fehlenden, feinen Furchen durchzogen, deren Verlauf und Anordnung eine gewisse Gesetzmässigkeit nicht verkennen lässt. Da sich dieselben auch an der Epidermis wiederholen, können sie leicht selbst am Lebenden beobachtet werden. Mit Ausnahme der Beugefläche der Hand und des Fusses überkreuzen sich diese Furchen vielfach unter spitzen und stumpfen Winkeln und fassen so dreieckige oder rautenförmige, kleine Hautfelder zwischen sich. An manchen Orten, wie namentlich am Rücken der Hand, kommt eine Anzahl stärkerer, gleichgerichteter Furchen vor, welche von anderen, viel feineren Furchen in den verschiedensten Richtungen durchschnitten werden. Nach *O. Simon* ist die Anordnung der Furchen und Felder durch die Disposition der Bindegewebsbündel des Corium bedingt, und entspricht der längere Durchmesser der Felder stets der vorwiegenden Verlaufsrichtung derselben.

In der Hohlhand und in der Fusssohle erheben sich zwischen den parallel geordneten Furchen ganz regelmässige, schmale, auf einer Seite schief aufsteigende und auf der anderen steil abfallende Leistchen (*Cutisleistchen*) (Fig. 159 A), deren verschiedentlich gebogene Verlaufsweise der Haut ein ganz eigenthümliches Gepräge verleiht. Im Bereiche der Mittelhand ziehen sie im Allgemeinen den stärkeren, der Gliederung des Skeletes entsprechenden Hautfurchen (Linea vitalis u. s. w.) parallel, laufen aber nach abwärts zu gegen die Interdigitalfalten aus. Am ersten und zweiten Fingerglied halten sie eine vorwiegend quere Richtung ein, sind aber durch mehrere, kurze Längsfurchen unterbrochen. An dem Nagelglied umschreiben sie meistens in Kreis- oder Spiraltouren die Mitte der Fingerbeere, wobei es nicht ohne Interesse ist, dass in prägnanten Fällen die Spiralen an der rechten Hand nach rechts, an der linken Hand nach links gewendet sind. Jedoch kommen in dieser Beziehung zahlreiche, individuelle Varianten vor (*Purkinje* beschreibt 9 verschiedene Typen). Eine ähnliche Anordnung ergibt sich auch an der Fusssohle.

Was nun die Beziehungen der Coriumpapillen zu dieser Oberflächengestaltung der Haut betrifft, so ist es als Regel zu betrachten, dass in der Tiefe der Furchen niemals Papillen vorkommen. An der Volarfläche der Hand und des Fusses stehen sie, meist zu kleinen Gruppen geordnet, auf der Oberfläche der Leistchen; an den übrigen Theilen der Haut nehmen sie die durch die Furchen abgegrenzten Felder ein, bleiben aber stets mehr vereinzelt.

Seiner *Textur* nach ist das Corium ein durch leimgebendes Bindegewebe und durch elastische Fasernetze hergestelltes Flechtwerk, dessen Beschaffenheit sich nahe der Oberfläche wesentlich verschieden erweist, als wie in den tiefer gelegenen Parthieen. Man pflegt demzufolge an dem Corium eine oberflächliche, die Papillen tragende Schichte, die *Pars papillaris*, und eine tiefe, wegen der hervorragend netzartigen Anordnung der Bindegewebsbündel als *Pars reticularis* bezeichnete Schichte zu unterscheiden. Es ist jedoch zu bemerken, dass nirgends eine scharfe Grenzlinie zwischen beiden besteht, und dass die Gewebselemente ohne Unterbrechung von einer in die andere Schichte übergehen. Abgesehen von gewissen Modificationen, welche durch die Einlagerung der Haarbälge und der Drüsen bedingt sind, kann man sich

Fig. 160.

A. Flachschnitt durch die Haut der Plantarseite der grossen Zehe in der Höhe der Papillen. Man erkennt drei Cutisleistchen, deren mittlere sich theilt; die dunkel gehaltenen Parthieen entsprechen der *Malpighi'schen* Schichte, die zwischen ihnen verlaufenden hellen Streifen den tiefsten Lagen der Hornschichte. a Querschnitte der Papillen, b Querschnitte von Schweissgängen.
B. Flachschnitt durch die Pars reticularis der Kopfhaut des Menschen. a Querdurchschnitte der Haarbälge mit Talgdrüsen (b) zu Gruppen vereinigt. e Querschnitte von Schweissgängen. (Hartnack, Object. IV, Ocul. 2.)

den Aufbau des Corium in folgender Weise vorstellen. Von den unter der Haut gelegenen fibrösen Membranen (Fascien, Periost u. s. w.) zweigen sich zahlreiche, starke Bindegewebsbündel ab, welche in schiefer Richtung durch die subcutane Schichte in die Pars reticularis corii aufsteigen; hier überkreuzen sie sich unter spitzen Winkeln, tauschen gegenseitig Fibrillenbündel aus und stellen so ein grobes Gitterwerk her, dessen Maschenräume von Fettgewebsläppchen und Schweissdrüsen ausgefüllt werden. Indem die Bindegewebsbündel in höhere Schichten des Corium vordringen (Pars papillaris), zertheilen sie sich allmälig, werden dadurch dünner und zerfallen endlich in feinste Bündel und einzelne Fibrillen, welche sich nun nach allen Richtungen des Raumes, vorwiegend aber mehr weniger parallel der Oberfläche, auf das innigste durchweben. Es ist somit die Pars reticularis durch derbe Bindegewebsbündel und weite Maschenräume zwischen denselben, die Pars papillaris

durch enge, filzartige Durchflechtung von Fibrillen und feinsten Fibrillenbündeln ausgezeichnet.

Die Anordnung der Bindegewebsbündel in der Pars reticularis ist keineswegs eine ganz regellose, wie es an Schnittpräparaten leicht den Anschein gewinnen möchte. *C. Langer* hat, gelegentlich seiner Untersuchungen über die Spaltbarkeit der Haut den Nachweis geliefert, dass durch die Ueberkreuzung der Bindegewebsbündel in der Pars reticularis stets rhomboidale Maschenräume gebildet werden, deren längere Axen in den einzelnen Bezirken der Richtung der natürlichen Spannung der Haut gleichlaufend sind. Durch künstliche Dehnung der Haut nach anderen Richtungen wird eine entsprechende Umordnung des Faserverlaufes herbeigeführt. Die Hauptrichtung der collagenen Faserbündel ist an verschiedenen Stellen des Körpers verschieden; niemals geht ihr Zug nach der Längsrichtung des Leibes, sondern, sowohl am Rumpfe, als auch an den Extremitäten stets schief nach vorne und abwärts. An einzelnen Oertlichkeiten, namentlich dort, wo die Haut fester mit der Unterlage verwachsen ist, lässt der Faserverlauf keine deutlich ausgesprochene Richtung erkennen.

Gegenüber dieser Gesetzmässigkeit in der Anordnung der Bindegewebsbündel tritt das elastische Gewebe in Form eines nach allen Raumrichtungen ganz gleichmässig vertheilten Netzwerkes auf (*Tomsa*), von welchem nur hervorzuheben wäre, dass die Einzelnfasern in den tieferen Schichten im Allgemeinen viel stärker sind, als gegen die Oberfläche hin. Aeusserst zart und spärlich sind sie in den Papillen selbst.

Die dem Bindegewebe der Haut angehörenden zelligen Elemente, sowie die homogene Zwischensubstanz richten sich bezüglich ihrer Vertheilung nach der Anordnung des fibrillären Gerüstes. Die ersteren sind in ziemlich wechselnder Zahl vorhanden, theils platt, theils spindelförmig, theils lymphoiden Zellen ähnlich. Ihre Lagerstätten sind wahrscheinlich durchwegs die Spalten und Lücken der homogenen Zwischensubstanz (Saftlücken). Bei wohlgenährten Individuen findet man auch eine grosse Zahl fetthaltiger Zellen, sowohl einzeln zerstreut, als auch zu ansehnlichen Gruppen vereinigt.

Ausser den genannten Elementen betheiligen sich an dem Aufbau der Cutis noch *Muskelfasern*, und zwar theils quergestreifte, theils glatte. Die ersteren finden sich in der Haut des Gesichtes und sind die Ausläufer der in der Anatomie beschriebenen, mimischen Gesichtsmuskeln. Sie durchziehen in den verschiedensten Richtungen die Cutis, erscheinen nicht selten in netzartiger Anordnung (z. B. am Kinn) und endigen in den oberen Abschnitten der Pars reticularis oder in der Pars papillaris (vergl. S. 164). Glatte Muskulatur findet sich in dem Gewebe der Haut theils in flächenhafter Ausbreitung, theils in Form einzelner, schief gerichteter Bündel, welche zu den Haarbälgen in Beziehung stehen, und endlich als dünner Belag an den Schweissdrüsen. Die erstere Anordnung beschränkt sich auf die Haut des Hodensackes (*Tunica dartos*) und des Penis, der Brustwarze und des Warzenhofes. An dem

Hodensack nehmen die Muskelfasern die tieferen Antheile der Pars reticularis und das subcutane Bindegewebe ein und verlaufen vorwiegend in sagittaler Richtung, parallel der Scheidewand. Ihre Anordnung ist übrigens eine netzartige, ähnlich der Muskulatur der Harnblase. In der Haut des Penis ist die circuläre Richtung vorherrschend. In beiden Fällen geht der Muskelverlauf senkrecht zu dem Hauptzuge der Bindegewebsbündel (*Tomsa*). Eine exquisit netzartige Anordnung der Muskelbündel findet man auch an der Brustwarze und an dem Warzenhof. Ueber die Haarbalgmuskeln vergl. Seite 564.

Die Verknüpfung der glatten Muskulatur mit dem eigentlichen Hautgerüste wird durch das elastische Gewebe vermittelt und zwar so, dass die einzelnen Muskelbündel von elastischen Fasernetzen völlig umstrickt werden (*Tomsa*), welche ihrerseits sowohl an den Seiten des Muskelbündels, als auch an den Enden desselben mit den elastischen Elementen der Nachbarschaft in Zusammenhang stehen. Besonders deutlich lässt sich dieses Verhältniss an den Haarbalgmuskeln durch Chlorgold-Behandlung erweisen.

Das subcutane Bindegewebe wird durch die aus den unterliegenden, fibrösen Membranen nach der Haut abzweigenden Bindegewebsbündel hergestellt, welche in stark geschlängeltem Verlauf durch ihre vielfache Ueberkreuzung grosse, lockere Maschenräume formen. Da in diesen letzteren sich die Läppchen des subcutanen Fettgewebes ausbreiten und, je nach der Oertlichkeit und je nach dem Ernährungszustande des Individuums, in mehreren, über einander liegenden Schichten sich anhäufen, hat das subcutane Bindegewebe auch den Namen *Fetthaut* (*Panniculus adiposus*) erhalten. Nur gewisse Bezirke, wie die Haut des Hodensackes, des Penis, der Augenlider, der Ohrmuschel, besitzen ein von Fettgewebe völlig freies Stratum subcutaneum.

Die Faltbarkeit und Verschiebbarkeit der Haut hängt zum Theile mit der Masse des unterliegenden Fettgewebes, theils mit der Verlaufsrichtung der collagenen Bündel des subcutanen Gewebes zusammen. Je flacher die letzteren gelagert sind, desto länger müssen sie sein und desto verschiebbarer wird die Haut; je steiler sie zur Cutis emporsteigen, um so kürzer sind sie, und um so fester haftet die letztere an ihrer Unterlage. An manchen Stellen, insbesondere wo die Haut unmittelbar dem Periost aufliegt, sind zwischen diesem und der Cutis ganz derbe, fibröse Stränge (*Tenacula cutis*) ausgespannt; ähnliches findet sich, wo andere straffe Sehnenformationen die Unterlage bilden, z. B. am *Poupart'schen* Bande, an dem Handteller und der Fusssohle. An anderen Orten (besonders an der Streckseite der Charniergelenke) entstehen im subcutanen Bindegewebe grössere oder kleinere, einfache oder mehrfächerige Räume (*Bursae mucosae subcutaneae*) mit geglätteten, zum Theil wenigstens von endothelialen Zellen überkleideten Wänden. Man kann sie als colossal erweiterte Bindegewebsspalten auffassen.

Die *Epidermis* ist ihrem ganzen Aufbau zufolge als ein Analogon des geschichteten Pflasterepithels zu betrachten; das wesentliche Unter-

scheidungsmerkmal liegt darin, dass die oberflächlicheren Zellenlagen einem eigenthümlichen Umwandlungsprozesse (*Verhornung*) anheimgefallen sind und desshalb sowohl für das freie Auge, als auch bei der mikroskopischen Untersuchung einen besonderen Charakter erkennen lassen. Man unterscheidet daher an der Epidermis zwei scharf getrennte Schichten, eine oberflächliche — die *Hornschichte, Stratum corneum* — und eine tiefere — die *Keimschichte* (*Flemming*), *Stratum Malpighii*.

Die Keimschichte wird so benannt, weil in ihr der Sitz einer regen Zellenproduktion (durch indirekte Theilung) zu suchen ist, durch welche die ununterbrochene Regeneration der Epidermis besorgt wird. Sie umfasst mehrere Lagen von innig mit einander verbundenen Zellen, deren Leib aus stark granulirtem Protoplasma besteht und deren heller, fast homogener Kern stets deutlich hervortritt. Die tiefste, dem Corium unmittelbar aufsitzende Lage besteht aus länglichen, häufig deutlich cylindrischen Zellen, deren Basalfläche durch feine Leistchen oder Spitzen mit der leicht gezähnelten Oberfläche des Corium in Verbindung tritt. Die darauf folgenden Zellenlagen, je nach der Dicke der Epidermis an Zahl verschieden, werden durch rundliche, ellipsoidische oder auch etwas abgeflachte Zellen hergestellt, welche sämmtlich den Charakter der Riffzellen tragen, also durch feine Intercellularbrücken in gegenseitigem Zusammenhang stehen.

Die oberflächlichsten Zellenlagen der Keimschichte enthalten eine grosse Zahl stark lichtbrechender Körnchen, welche in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich sind und sich mit Carmin oder mit Hämatoxylin sehr intensiv färben. Die Substanz dieser Körnchen, von *Waldeyer* als *Keratohyalin*, von *Ranvier* als *Eleidin* bezeichnet, steht wahrscheinlich in irgend einer Beziehung zu dem Verhornungsprozess der Epidermiszellen; denn sie findet sich constant auch an anderen Horngebilden, z. B. in der inneren Wurzelscheide und in den Markzellen der Haare, in den Hornzellen des Vogelschnabels, an den Hufen der Pferde und Wiederkäuer u. s. w. Wegen des charakteristischen Vorkommens der Keratohyalin-Körner hat man die oberflächlichsten Lagen der Keimschichte auch mit dem Namen der *Körnerschichte* besonders bezeichnet. Zwischen den typischen Zellen der Keimschichte finden sich vereinzelte kleine, rundliche Zellen (Wanderzellen, *Biesiadecki*) und die schon mehrfach erwähnten *Langerhans'schen* Zellen (Seite 393) in wechselnder Zahl eingestreut.

Die Hornschichte der Epidermis wird durch mehrfache Lagen abgeplatteter, dachziegelartig über einander geschichteter Zellen zusammengesetzt. Dieselben sind durch ihre helle, homogene Beschaffenheit, durch glatte, glänzende Contouren, durch eine gewisse Starrheit ihrer Substanz und durch den Mangel eines Kernes ausgezeichnet.

Nur in den tiefsten Schichten findet man gewöhnlich noch eine Andeutung des letzteren. Während die Zellen in den unteren Lagen eine linsenförmige Gestalt besitzen, werden sie, je weiter nach oben zu, um so flacher, bis endlich die oberflächlichsten als ganz dünne, steife Schüppchen erscheinen. Durch Zusatz von Natronlauge quellen diese Zellen bedeutend auf, nehmen eine ellipsoidische Gestalt an und werden auch in ihrer Verbindung bedeutend gelockert.

An den Bezirken, wo die Epidermis eine beträchtliche Dicke besitzt (Handteller, Fusssohle), erreichen die Zellenlagen der Hornschichte eine sehr grosse Zahl; es erscheint dann an der Grenze zwischen der letzteren und dem Stratum *Malpighii* an senkrechten Durchschnitten ein schmaler, heller, der Oberfläche der Epidermis parallel laufender Streifen, welcher wohl auch als besondere Schichte der Epidermis (*Stratum lucidum, Oehl*) aufgeführt wird. Es scheint, dass diese Schichte Uebergangsformen von weichen zu verhornten Zellen enthält, welche durch besondere Durchsichtigkeit und innige Verbindung ausgezeichnet sind.

Die dunklere Färbung einzelner Hautbezirke (Hodensack, Afterfalte u. s. w.), sowie die Hautfarbe der Neger, ist in einem Pigmentgehalt der Epidermis begründet und zwar ist es hauptsächlich die tiefste Zellenlage des Stratum *Malpighii*, welche in grösserer oder geringerer Menge gelbe oder braune Pigmentkörnchen enthält. In den höheren Schichten des Stratum *Malpighii* sind die letzteren nur sehr spärlich, jedoch zeigt der ganze Zellkörper eine diffuse gelbliche Farbe. Im Bereiche der Hornschichte beobachtet man niemals geformtes Pigment, wohl aber bei sehr intensiver Hautfärbung einen leicht gelblichen Farbenton, welcher nicht so sehr an den einzelnen Zellen, als an dickeren Durchschnitten der ganzen Hornschichte bemerkbar wird.

Die Nägel.

Die Substanz der *Nägel* (*Ungues*) kann als eine Modifikation der Epidermis angesehen werden, deren Zustandekommen und Erhaltung an die eigenartige Conformation der Cutis am Rücken der letzten Finger- und Zehenglieder gebunden ist.

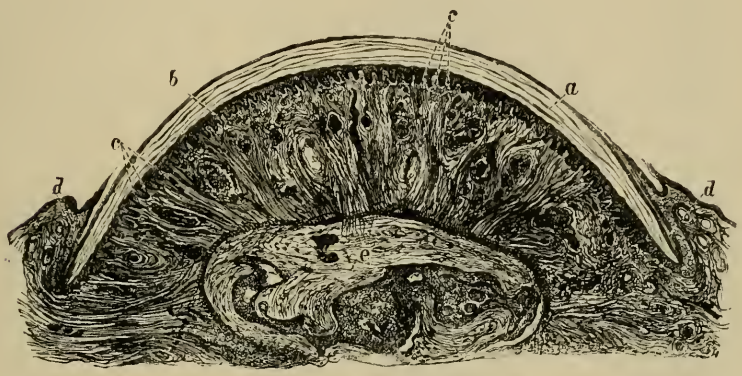
Die *Elemente*, aus welchen die Substanz des Nagels zusammengesetzt ist, sind äusserst dünne, blasse, homogene, sehr innig mit einander verbundene Schüppchen, ähnlich den verhornten Epidermiszellen. Durch Behandlung mit Natronlauge oder starker Schwefelsäure quellen sie auf, lassen aber, ungleich den letzteren, stets einen flachen, elliptischen Kern erkennen.

In dem Bereiche des *Nagelbettes* zeigt das Corium eine eigenthümliche Gestaltung der Oberfläche. Es erheben sich nemlich in seiner ganzen Breite zahlreiche schmale, longitudinal gerichtete Leistchen, welchen an der Unterfläche des Nagels seichte Furchen entsprechen. Sie sind im Bereiche der Matrix ganz niedrig, erreichen

aber in dem freien Theile des Nagelbettes eine beträchtliche Höhe (0·1—0·2 Mm.) und endigen ganz plötzlich dort, wo der angewachsene Körper des Nagels in die freie Randzone übergeht. Auf der Höhe dieser Leistchen sitzen schief nach vorne geneigte Papillen, deren Zahl und Grösse von der Wurzel gegen den Körper hin zunimmt. An der Matrix können sie auch gänzlich mangeln. Der feinere Bau des Corium entspricht an dieser Stelle im Wesentlichen den allgemeinen Gesetzen; hervorzuheben wäre, dass von dem Periost der Phalange zahlreiche, derbe Bindegewebsbündel in sein Gewebe ausstrahlen.

Die Oberfläche des Corium ist von einer mehrschichtigen Lage von Zellen bedeckt, welche die Vertiefungen zwischen den Leistchen ausfüllen.

Fig. 161.



Querschnitt durch das Nagelglied eines Fingers von einem drei Monate alten Kinde.
a Nagel, b Keimschichte des Nagels, c Querschnitte der Leistchen des Nagelbettes. d Nagelfalz, e Querdurchschnitt des Knochens. (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

Diese Zellenlage stimmt nach Art und Anordnung ihrer Elemente völlig mit dem Stratum *Malpighii* überein und geht auch an dem hinteren Ende der Matrix continuirlich in dasselbe über; sie kann daher als *Keimschichte* des Nagels bezeichnet werden. Die oberflächlichsten ihrer Zellen nähern sich zwar der Form nach mehr den Zellen der Hornschichte, jedoch besitzen sie sämmtlich Kerne. Dieser Keimschichte nun ruht der Nagel selbst unmittelbar auf, so dass er sich zu ihr in der That wie die Hornschichte der Epidermis zu dem Stratum *Malpighii* verhält. Seine Abgrenzung von der Keimschichte ist im Bereiche des Körpers eine sehr scharfe, während in dem Wurzeltheile, d. h. an der Matrix, ein allmäliger Uebergang zwischen beiden sich nachweisen lässt. Hier ist denn auch die Stätte, wo eine fortwährende Neubildung von Nagelsubstanz erfolgt*).

*) Die sogen. *Lunula* der Nägel (d. i. eine weisse, bogenförmig begrenzte Stelle an dem Grunde des Nagelkörpers) kann nicht, wie gewöhnlich (*Henle, Kölliker*)

Im Grunde des Nagelfalzes und an der dem Nagel zugewendeten Fläche des Nagelwalles bleibt das Corium völlig frei von Leisten und Papillen, zeigt aber im Uebrigen keine Abweichungen von dem gewöhnlichen Bau. Mit Rücksicht auf die Beziehungen des Nagels zu der Epidermis der benachbarten Gebiete ist anzuführen, dass sich die letztere einerseits von der Fingerbeere her unter den freien Rand des Nagels hineinschiebt, andererseits aber schlägt sich die Hornschichte derselben als schmales, dünnes Häutchen von dem freien Rande des Nagelwalles auf die convexe Fläche des Nagels herüber.

Die Haare.

Ebenso wie die Nägel, sind auch die *Haare* (*Crines, Pili*) als epidermoidale Gewebe anzusehen, und nicht minder wie jene, sind auch sie in ihrer Existenz an ganz bestimmte Conformationen der Cutis geknüpft.

Ein jedes Haar ist mit seinem unteren Ende (der *Haarwurzel*) in einer schlauchförmigen, blinden Einstülpung der Cutis (dem *Haarbalg*) eingesenkt.

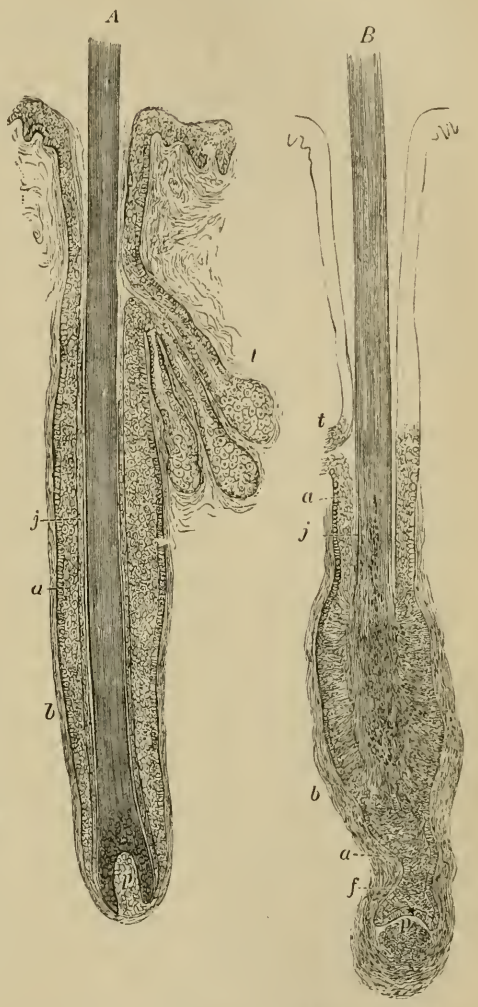
Der Haarbalg besteht aus einem *bindegewebigen Antheil,* welcher das mechanische Gerüst desselben formt und die ernährenden Blutgefässe enthält, und aus einem *epidermoidalen* Antheil (gew. *Wurzelscheide* des Haares genannt), welcher die inneren Schichten des Haarbalges darstellt und das geformte Material für die Bildung und für das Wachsthum des Haares liefert (Fig. 162).

Aber nicht allen Abschnitten des Haarbalges darf man die gleiche Bedeutung für die Erhaltung des Haares beimessen. Der grössere Theil desselben besitzt eine rein mechanische Aufgabe, als Träger und Behälter des Haares und umfasst dasselbe, gleich einer Hülse, ohne in

angenommen wird, durch eine Differenz der Blutgefässvertheilung zwischen dem hinteren und vorderen Abschnitte des Nagelbettes erklärt werden; denn abgesehen davon, dass an einem wohl injicirten Nagelbette die Färbung allenthalben ziemlich gleichmässig erscheint, bleibt die Lunula auch noch an dem (durch Brühen) abgelösten, frischen Nagel ganz wohl erhalten. Man kann sich an einem solchen leicht überzeugen, dass die Lunula einzig und allein durch die geringere Durchsichtigkeit des hinteren Antheiles des Nagels zu Stande kommt. Diese ist darin begründet dass die Keimschichte, welche der unteren Fläche des Nagels anklebt, im Bereiche der Nagelwurzel, genau bis zum Rande der Lunula, erheblich dick und *ganz gleichmässig ausgebreitet* ist. Schabt man die anhängende Keimschichte mit dem Messer ab, so verschwindet die Lunula vollständig und der ganze Nagel wird allenthalben gleich durchscheinend. Allerdings hängt die gleichmässige Vertheilung der Keimschichte an der betreffenden Stelle von der geringen Entwicklung der Nagelbettleistchen ab, und fällt das stärkere Vortreten der letzteren genau mit dem Rande der Lunula zusammen. Dass die letztere ganz gewöhnlich nur am Daumen sichtbar wird, ist an der relativen Kürze der Nagelwurzel an demselben gelegen.

continuirlichem Zusammenhang mit ihm zu stehen. Ein unmittelbarer Uebergang der Elemente des Haarbalges in die des Haares selbst erfolgt nur an dem Grunde des ersteren, und hier ist der Ort zu suchen, von welchem die Bildung und das Wachsthum des Haares ausgeht, aber auch die Stelle, an welcher die festeste, mechanische Verbindung zwischen beiden besteht. Hier finden sich denn auch an Haar und Haarbalg eigenthümliche, gewebliche und morphologische Verhältnisse. Bezüglich der letzteren sei vorläufig nur erwähnt, dass der bindegewebige Antheil des Haarbalges sich am Grunde zu einer kegel- oder kolbenförmigen Vorwölbung (*Haarpapille*) erhebt, über welcher das unterste, etwas verdickte Ende des Haares (*Haarknopf, Haarzwiebel*) hutförmig aufsitzt. Schon jetzt muss endlich bemerkt werden, dass die allermeisten Haarbälge in bestimmten morphologischen Beziehungen zu den *Talgdrüsen* stehen, sei es, dass Talgdrüsen in den Haarbalg einmünden (bei den grösseren Haaren), sei es, dass umgekehrt das Haar durch die Mündung einer Talgdrüse hindurch an die Hautoberfläche gelangt, wie dies bei den Wollhaaren vorkommt (vergl. Fig. 165). Im ersteren Falle ist die Mündung der Talgdrüse stets in dem obersten Abschnitt des Haarbalges zu suchen.

Fig. 162.



Längsdurchschnitte durch den Balg zweier Barthaare aus der Oberlippe des Menschen.

A Mit geschlossenem, hutförmig einer Papille aufsitzendem Haarknopf, B mit einem sogen. Haarkolben. b Bindegewebstheil des Haarbalges, a äussere, j innere Wurzelscheide, p Haarpapille, t Talgdrüse.

Bei B ist der unterste Theil des Haarbalges zusammengefallen und in demselben bereits die erste Anlage des Ersatzhaares sichtbar. (Hartnack, Object. II. Ocul. 2.)

Die Haare des Menschen zeigen, je nach ihrem Sitze, nach Alter, Geschlecht und Race, ganz beträchtliche Differenzen in ihrer Grösse,

Form und sonstigen Beschaffenheit, ja selbst bei einem und demselben Individuum kommen an Haaren derselben Art mancherlei Abweichungen vor. Diese beziehen sich, abgesehen von der absoluten Länge und Dicke, vorzüglich auf die Querschnittsfigur (sie ist an schlichten Haaren meist kreisrund, aber auch nicht selten elliptisch, an manchen, besonders an kurzen und dicken Haaren, sogar eckig, an gekräuselten Haaren gewöhnlich stark abgeflacht oder nierenförmig), ferner auf die Gestalt und Grösse des Haarknopfes, auf die relative Länge des Wurzeltheiles, auf die Beschaffenheit der Spitze u. s. w. Auch in ihrem feineren Bau stimmen nicht alle Haare völlig überein.

Zur *Untersuchung* des Haares in toto ist es am zweckmässigsten, dasselbe unter Zusatz einer etwa auf ein Drittheil verdünnten Salpetersäure auf den Objektträger zu bringen. Dunkle Haare eignen sich wegen ihrer Undurchsichtigkeit weniger als blonde oder weisse Haare. Zur Darstellung der Elemente empfiehlt sich ein 2—3tägiges Einlegen in 1proz. Essigsäure, worauf man durch Schaben mit einer Lanzennadel die Zellen der verschiedenen Schichten isoliren kann.

Als ein echtes Epidermoidalgebilde ist das Haar ausschliesslich aus Zellen aufgebaut; doch sind diese nicht, wie beim Nagel, sämmtlich von derselben Gestalt und treten auch nicht alle zu einer gleichartigen Formation zusammen. Man hat vielmehr an dem Haare drei scharf gesonderte Schichten zu unterscheiden. Die stärkste derselben ist die sogen. *Rindensubstanz*; sie gibt dem Haare im Allgemeinen seine Form und erscheint typisch als eine Röhre, deren verschieden weites Lumen von der *Marksubstanz* vollständig ausgefüllt wird; recht häufig aber, insbesondere an den Wollhaaren und an den meisten Haaren in dem ersten Kindesalter, fehlt die Marksubstanz gänzlich und es stellt die Rindensubstanz einen soliden Strang dar. In der Mehrzahl der Fälle ist auch an den Kopfhaaren des erwachsenen Menschen, namentlich an den stärker gefärbten, die Marksubstanz nur an einzelnen Stellen vorhanden, während sie an den kurzen, dicken Haaren nur selten fehlt. Sie nimmt durchschnittlich etwa den vierten Theil der Breite des ganzen Haares ein. Der dritte Bestandtheil des Haares ist das *Oberhäutchen*, eine zarte, zellige Hülle, welche die Oberfläche des Haares bis nahe zur Spitze völlig überkleidet.

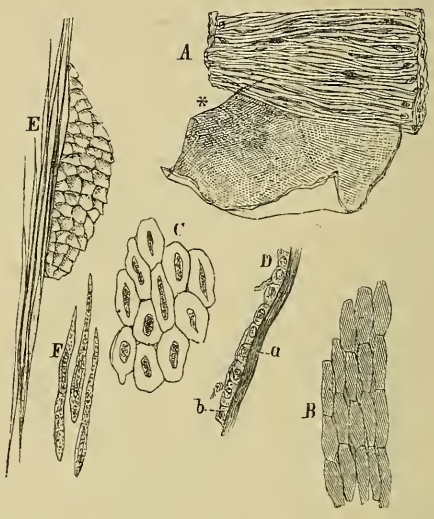
Die *Rindensubstanz* ist im freien Theile des Haares (*Haarschaft*) aus langen, flachen, spindelförmigen, in feine Spitzen auslaufenden Zellen (*Rindenzellen*) gebildet, welche der Längsrichtung des Haares entsprechend gerichtet und sehr fest unter einander verkittet sind. Sie sind durch auffallende Härte und Sprödigkeit, sowie durch einen wechselnden Gehalt an Pigment ausgezeichnet. Das letztere tritt in Gestalt äusserst feiner, je nach der Haarfarbe verschieden gefärbter Körnchen auf, welche häufig zu langen Streifen, aber auch zu unregelmässig geformten Klümpchen zusammentreten. Auch zwischen den Zellen

kommen ähnliche Pigmentstreifen, mitunter neben feinen Luftbläschen, vor. Bei weissen und hellblonden Haaren fehlen diese Pigmentanhäufungen. An intensiver gefärbten, namentlich rothen Haaren, enthalten die Rindenzellen auch überdies einen diffusen Farbstoff. Alle Rindenzellen besitzen ferner einen langgestreckten, platten Kern, welcher am besten durch Kochen des Haares mit ätzenden Säuren oder Alkalien dargestellt werden kann. Sowohl durch die Anordnung der Zellen und ihres Pigmentes, als auch durch die stellenweise undeutlich hervortretenden Kerne gewinnt die Rinde des Haares eine mehr oder minder ausgeprägte Längsstreifung. Neueren Mittheilungen *Waldeyer's* zufolge sind die Rindenzellen nicht als die letzten Elemente der Haarrinde anzusehen; als solche bezeichnet dieser Forscher vielmehr feinste Fibrillen (*Hornfibrillen*), welche sich in den Körpern der Rindenzellen differenzirt haben.

Ganz abweichende Beschaffenheit zeigen die Elemente der Rindensubstanz in dem unteren, von dem Haarbalg umschlossenen Theile, der *Haarwurzel* und in dem *Haarknopf,* so lange, als das Haar noch im Stadium des Wachsthums sich befindet. Die Gestalt der Zellen ist in der Haarwurzel zwar im Allgemeinen ebenfalls spindelförmig, doch sind sie viel kürzer, an den Enden wenig oder gar nicht zugeschärft, in den untersten Abschnitten sogar rundlich oder nur wenig in die Länge gestreckt. Je weiter nach abwärts, um so weicher werden die Zellen, um so mehr gewinnen sie das Aussehen protoplasmatischer Gebilde und gehen endlich ohne scharfe Grenze in den epidermoidalen Antheil des Haarbalges über. In den länglichen Zellenformen sind die Kerne stäbchenförmig, scharf begrenzt und, zum Unterschiede von denen der Rindenzellen des Schaftes, in allen Fällen leicht sichtbar. Je kürzer die Zellen werden, desto mehr nähert sich auch der Kern der rundlichen Form. Sehr wechselnd ist der Pigmentgehalt dieser Zellen; in manchen Fällen findet man sie dicht mit Farbstoffklümpchen besetzt; häufig sind die Pigmentkörnchen mehr zerstreut und in geringer Zahl vorhanden, mitunter fehlen sie auch völlig, und die Zellen zeigen ein blasses, granulirtes Aussehen (Fig. 163 F). Auch in ihrem chemischen Verhalten unterscheiden sich die Rindenelemente der Haarwurzel sehr wesentlich von denen des Schaftes. Während sich die letzteren in Essigsäure nicht wesentlich verändern und dem Einfluss von concentrirter Kalilauge längere Zeit widerstehen, quellen die Rindenzellen der Haarwurzel, namentlich des Haarknopfes, in Essigsäure merklich auf und werden durch Kalilauge sehr bald völlig zerstört. Uebrigens zeigen sich auch die Haare der Kinder viel weniger resistent gegen den Einfluss starker Säuren und alkalischer Laugen, als wie die des erwachsenen Menschen.

Die *Marksubstanz* des Haares besteht aus cubischen oder leicht abgeplatteten, mit feinen Körnchen besetzten Zellen, welche gewöhnlich in doppelter oder dreifacher Reihe an einander gefügt sind. An weissen Haaren, an denen die Marksubstanz am schärfsten ausgeprägt ist, erscheinen die Markzellen bei auffallendem Lichte hellglänzend, bei durchfallendem dunkel und undurchsichtig — ein Umstand, welcher nach *Kölliker* in der Ansammlung zahlreicher, feinster Luftbläschen im Inneren des Zellkörpers begründet ist.

Fig. 163.



Verschiedene Elemente des Haares und des Haarbalges.

A. Ein Theil der inneren Faserhaut des Haarbalges mit einem anhängenden Stück der Glashaut. (*)

B. Zellen der *Henle'schen* Schichte der inneren Wurzelscheide.

C. Zellen der *Huxley'schen* Schichte der inneren Wurzelscheide.

D. Zellen der Marksubstanz des Haares (b), einem Streifen der Rindensubstanz (a) anhaftend.

E. Faserige Elemente der Rindensubstanz aus dem Haarschafte, mit einem anhängenden Stücke des isolirten Oberhäutchens des Haares.

F. Drei isolirte Rindenzellen aus dem Haarknopf.

Sämmtlich von einem Schnurrbarthaare des Menschen, nach 2tägigem Einlegen der Lippenhaut in 1prozentige Essigsäure, durch Zerzupfen dargestellt. (Hartnack, Object. IX, Ocul. 2.)

Das *Oberhäutchen* des Haares wird aus einer einfachen Lage dünner, annähernd rechteckiger, ganz durchsichtiger, kernloser Schüppchen zusammengesetzt. Sie sind dachziegelförmig an einander gefügt und zwar so, dass immer die unteren (näher der Haarwurzel gelegenen) Zellen einen kleinen Theil der oberen überlagern. Aus diesem Grunde tritt der obere Rand einer jeden Zelle in Gestalt eines feinen Leistchens an der Oberfläche des Haares leicht hervor, wovon man sich bei der mikroskopischen Untersuchung am besten an dem seitlichen Contour des Haares überzeugen kann. Bei der Einstellung auf die Oberfläche des Haares sieht man diese Leistchen zu unregelmässig

welligen, vorwiegend der Quere nach gerichteten, feinen Linien zusammentreten. In dem Bereiche des Haarschaftes sind die Elemente des Oberhäutchens ganz steif und innig mit der Rindensubstanz verklebt, während sie in der Wurzel, und namentlich bei wachsenden Haaren, viel weicher sind und sich leichter ablösen lassen.

Der Haarbalg. Er kann als eine röhrenförmige Einstülpung der Pars papillaris des Corium sammt der Epidermis in die tieferen Schichten der Haut angesehen werden; je nach der Stärke des Haares und je nach der Oertlichkeit erstreckt sich derselbe mehr weniger weit in die Pars reticularis, oder selbst bis in das subcutane Bindegewebe hinein. Die Stellung des Haarbalges ist niemals eine zu der Oberfläche der Haut genau senkrechte, sondern stets mehr oder weniger zu derselben geneigt, und zwar ist Grad und Richtung der Neigung für die verschiedenen Bezirke der Haut ganz bestimmten Gesetzen unterworfen. Dieselben lassen sich namentlich an jüngeren Embryonen sehr schön überblicken.

Beide Antheile des Haarbalges, sowohl der bindegewebige, als auch der epidermoidale, zeigen in ihrem Aufbau manche Abweichungen von den ihnen entsprechenden Schichten der Cutis, wesshalb sie einer besonderen Berücksichtigung bedürfen. Zur Untersuchung sind einerseits Längs- und Querschnitte durch erhärtete Objekte, andererseits aber Zupfpräparate aus frischen Haarbälgen anzufertigen, welche man leicht mit einem Scheerenschnitte von einer Durchschnittsfläche der Haut entnehmen kann. Für manche Verhältnisse ist es auch empfehlenswerth, ein Stückchen Haut vor der Untersuchung durch ein oder zwei Tage in sehr verdünnte Essigsäure (0·2—0·5 %) einzulegen.

Der *bindegewebige Antheil* des Haarbalges lässt drei wohl charakterisirte Schichten erkennen.

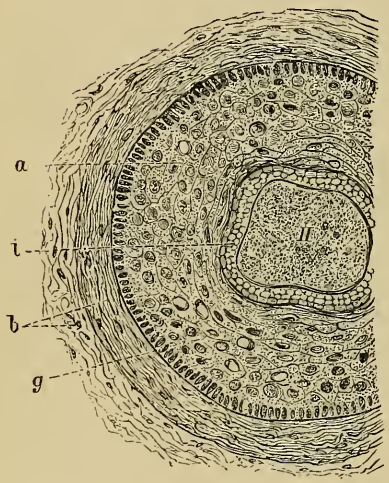
Die äusserste Schichte — *die äussere Faserhaut* — steht mit dem umliegenden Gewebe des Corium allenthalben in continuirlicher Verbindung und ist aus vielfach überkreuzten, stärkeren und feineren Bindegewebsbündeln, mit vorwiegend längsgerichtetem Verlaufe, zusammengesetzt. Zwischen ihnen sind zahlreiche Bindesubstanzzellen mit länglichen, der Axe des Haarbalges meist gleichgerichteten Kernen eingelagert. Die äussere Faserhaut ist die Trägerin von reichlichen Gefäss- und Nervenausbreitungen und kann als eine Art von Adventitia des Haarbalges angesehen werden.

Die mittlere Schichte — *die innere Faserhaut* — besteht aus einem dichten Filzwerk äusserst feiner Bindegewebsbündel (ähnlich der Pars papillaris corii), welches die Eigenthümlichkeit besitzt, sich in querer Richtung viel leichter, als der Länge nach trennen zu lassen. In demselben treten nach Einwirkung von Essigsäure in erheblicher Zahl grosse, langgestreckte Kerne hervor, welche in durchaus querer Richtung und in ziemlich regelmässigen Abständen eingelagert sind

(Fig. 163 A.). Die innere Faserhaut ist meist stärker als die äussere und darf als direkte Fortsetzung der Pars papillaris corii, als die Tunica propria des Haarbalges betrachtet werden.

Als innerste Schichte ist eine völlig homogene oder leicht längsgestreifte, durchsichtige, ziemlich starke *Glashaut* anzuführen. Sie bildet die Grenze zwischen dem bindegewebigen und epidermoidalen Antheile des Haarbalges und erstreckt sich vom Grunde des letzteren bis in die Gegend der Einmündung der Talgdrüsen; an diesen beiden Stellen verliert sie sich ohne scharfe Grenze und namentlich, ohne auf die Haarpapille zu übergehen. Sie erscheint an Durchschnitten als ein heller Streif an der Grenze der inneren Faserhaut, lässt sich aber an Zupfpräparaten leicht auf grössere Strecken isolirt zur Ansicht bringen (Fig. 163 A*).

Fig. 164.



Querschnitt durch Balg und Wurzel eines Schnurrbarthaares (Hämatoxylinfärbung).

H. Der Querdurchschnitt des Haares, i innere Wurzelscheide, a äussere Wurzelscheide, g Glashaut des Haarbalges, b äussere und innere Faserhaut desselben.

(Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

Eine besondere Formation des bindegewebigen Antheiles des Haarbalges ist noch die *Haarpapille;* sie besitzt eine conische, cylindrische oder halbkugelähnliche Gestalt und ist gewöhnlich am Grunde mit einer halsartigen Einschnürung versehen. Je nach der Grösse und nach der Art des Haares ragt sie verschieden weit über den Grund des Haarbalges empor. Sie hängt mit der inneren Faserhaut zusammen und gleicht in ihrem Bau völlig einer Cutispapille, als welche sie auch ihrer morphologischen Bedeutung nach mit Recht angesehen werden darf.

Der epidermoidale Antheil des Haarbalges ist zum Theile als direkte Fortsetzung der Epidermis zu betrachten, zum Theile aber gehört er, seiner Entwicklung zufolge, dem Haare selbst an. Das Stratum *Malpighii* der Epidermis zieht sich, ohne wesentliche Veränderung seines Charakters, bis an den Grund des Haarbalges herab und führt den Namen *äussere Wurzelscheide.* Je nach der Stärke des Haares ist die äussere Wurzelscheide aus einer grösseren oder geringeren Anzahl von Zellenlagen zusammengesetzt, deren äusserste, dem bindegewebigen Antheil des Haarbalges, beziehentlich der Glashaut aufsitzende, stets aus cylinderähnlichen Elementen besteht. Gegen den Grund des Haarbalges hin nimmt die äussere Wurzelscheide an Dicke ab, während

zugleich ihre Zellen sämmtlich eine mehr weniger rundliche Gestalt annehmen. An Haaren, welche noch im Wachsthum begriffen sind, gehen sie endlich ohne irgend eine Grenze in die Rindenzellen des Haarknopfes über, während sie an anderen, bereits ausgewachsenen Haaren von demselben mitunter ziemlich scharf abgesetzt erscheinen.

Das Stratum corneum der Epidermis zieht sich von der äusseren Oeffnung des Haarbalges aus in denselben hinein und behält seine gewöhnliche Beschaffenheit bis zur Stelle, wo die Talgdrüsen einmünden, nur dass die Anzahl seiner Zellenlagen allmälig sich vermindert. Dort findet es sein Ende und macht einer anderen Formation Platz, welche man als *innere Wurzelscheide* bezeichnet. An ihr kann man drei scharf getrennte und aus wesentlich differenten Zellen aufgebaute Schichten unterscheiden. Die äusserste derselben, als *Henle'sche Schichte* bekannt, besteht aus einer Lage von platten, in die Länge gestreckten, kernlosen Zellen, welche sich durch eine gewisse Starrheit und durch völlig homogenes Aussehen kennzeichnen (Fig. 163 B.). Bei der üblichen Darstellungsweise mit Hülfe verdünnter Säuren lockert sich stets der Verband dieser Zellen an ihren langen Seiten, und es entstehen, je nach der Stärke und Zeitdauer der Säurewirkung, grössere oder kleinere Spalten zwischen ihnen. Man ist daher gewöhnt, die *Henle'sche* Schichte im isolirten Zustande als ein vielfach zerklüftetes Häutchen zu sehen, was dem natürlichen Zustande keineswegs entspricht. Wodurch die Spalten zu Stande kommen, ob, wie man gewöhnlich annimmt, in Folge der mechanischen Eingriffe beim Zerzupfen, oder, was mir bei der Starrheit der ganzen Membran recht wohl denkbar und wahrscheinlicher wäre, in Folge einer Gestaltveränderung (Verschmälerung) der einzelnen Zellen, dürfte sich wohl kaum sicher entscheiden lassen.

Nach einwärts von der *Henle'schen* Schichte folgt eine einfache, nicht selten auch doppelte Lage von Zellen, welche man gewöhnlich als *Huxley'sche Schichte* aufführt. Die Elemente derselben sind abgeplattete, unregelmässig polygonale, aber stets etwas in die Länge gestreckte Zellen, deren jede einen länglichen, nach Essigsäurezusatz stark granulirten Kern besitzt (Fig. 163 C.).

Die innere Schichte ist das sogen. *Oberhäutchen der inneren Wurzelscheide*; es schliesst die Epidermoidalschichte gegen die Lichtung des Haarbalges zu ab und liegt unmittelbar dem Haare selbst an. Es ist am besten nach Einwirkung von dünner Natronlauge auf den Haarbalg nachzuweisen und zeigt sich seinem Bau nach völlig analog dem Oberhäutchen des Haares.

Gegen den Grund des Haarbalges hin verschwindet allmälig die deutliche Schichtung der inneren Wurzelscheide, die Zellen derselben

werden mehr rundlich und granulirt und fliessen endlich, gewöhnlich ohne scharfe Grenze, mit den Zellen des Haarknopfes zusammen.

Der Haarbalgmuskel (*Arrector pili*) ist ein Bündel glatter Muskelfasern, welches von dem unteren Dritttheil des Haarbalges, und zwar von dessen äusserer Faserhaut aus, in schief aufsteigender Richtung zur obersten Schichte des Corium hinzieht. Die Lage des Muskels steht in einer constanten Beziehung zu der Neigung des Haarbalges gegen die Hautoberfläche, und zwar ist er stets an jener Seite des Haarbalges zu finden, gegen welche hin derselbe geneigt ist (Fig. 159); daraus geht hervor, dass der Haarbalg, beziehentlich das Haar, durch den Zug des Muskels der senkrechten Stellung genähert werden muss.

Ausserdem ist jedoch nicht zu übersehen, dass in den Winkel, welchen Haarbalg und Muskel gegen einander bilden, ganz gewöhnlich eine Talgdrüse zu liegen kommt, ja dass der Haarbalgmuskel sehr häufig die äussere Oberfläche derselben geradezu tangirt. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass bei der Action des Muskels ein gewisser Druck auf die Talgdrüse ausgeübt und dadurch die Ausstossung ihres Secretes befördert wird. In der Kopfhaut steht, wie neuerdings *Hesse* ganz richtig hervorgehoben hat, in der Regel ein Haarbalgmuskel zu mehreren Haarbälgen in Beziehung, wo er sich dann in mehrere Bündel zerspaltet. Es steht dieses offenbar mit der gruppenweisen Anordnung der Haare daselbst in Zusammenhang. Ueber die Insertionsverhältnisse der Muskeln vergleiche Seite 552.

Entstehung, Wachsthum und Wechsel der Haare. Diese äusserst interessanten Vorgänge können hier nur mit kurzen Worten berührt werden. Die erste Anlage des Haares und des Haarbalges ist eine gemeinsame und kommt bei menschlichen Embryonen in der 12.—13. Woche des intrauterinen Lebens zur Beobachtung. Sie erscheint dann als eine kurze, zapfenartige Fortsetzung der Epidermis (*Haarkeim*), welche mit kolbigem Ende in das Corium hineinragt. Während in der allerersten Zeit sämmtliche Zellen derselben eine mehr weniger gleichmässige, rundliche Form besitzen, erscheinen sehr bald die an dem untersten Ende und auch die an der seitlichen Peripherie des Haarkeimes gelegenen Zellen mehr in die Länge gestreckt, annähernd cylindrisch. Allmälig wächst der Haarkeim unter fortgesetzter Vermehrung seiner zelligen Elemente mehr in die Tiefe und nimmt eine flaschenförmige Gestalt an; zugleich bemerkt man eine Differenzirung der Zellen in ihm, indem die in der Axe gelegenen sich zu flachen Spindeln ausgezogen und zu einem gestreckt kegelförmigen Gebilde, mit nach oben gewendeter Spitze und nach abwärts gekehrter, kolbiger Basis, vereinigt haben. Dadurch ist die Trennung zwischen Haar und Haarbalg gegeben; aus dem axialen Gebilde geht das Haar mit der inneren Wurzelscheide hervor, während die peripher gelagerten Zellen sich weiter zu der äusseren Wurzelscheide entwickeln. Parallel mit diesen Vorgängen im Haarkeim geht die Bildung des bindegewebigen

Theiles des Haarbalges einher, welche im Wesentlichen auf einer Umordnung des nachbarlichen Corium-Gewebes beruht. Die Haarpapille gibt sich schon bald nach dem Erscheinen des Haarkeimes durch eine circumscripte, stärkere Anhäufung rundlicher oder spindelförmiger Coriumzellen zu erkennen, welche dann, von dem Grunde des Haarkeimes hutartig umwachsen, eine halbkugelförmige oder ovale Gestalt annimmt und sehr frühzeitig schon Blutgefässe enthält. Ist das Haar einmal differenzirt, so durchbricht es bald mit seiner Spitze die innere Wurzelscheide, welche es bis nun völlig eingehüllt hatte, sowie die Epidermisschichte, von der es noch bedeckt war, und wächst nun ziemlich rasch in die Länge.

Dieser Modus der Entwicklung ist während des fötalen Lebens allen Haaren gemeinsam und liegt auch wahrscheinlich zum Theile der Neubildung von Haaren während des ersten Kindesalters zu Grunde. Ob er auch noch beim erwachsenen Menschen vorkommt, ist sehr zweifelhaft, wenn auch einzelne Autoren (*Wertheim*, *Hesse*) sich mit Bestimmtheit dafür ausgesprochen haben.

Das *Wachsthum* der Haare erfolgt durch fortschreitende Neubildung von epidermoidalen Zellen an dem Grunde des Haarbalges. Dieselben lagern sich an den Haarknopf an, wachsen der Länge nach aus und werden, während sie allmälig verhornen und sich fester an einander kleben, durch den fortdauernden Ansatz neuer Zellen immer weiter nach aufwärts geschoben. Es ist also das Wachsthum des Haares nothwendig an die Continuität der Elemente der Wurzelscheiden mit denen des Haarknopfes gebunden und es findet sein Ende, wenn diese gestört ist.

Hat das Haar seine typische Länge erreicht, so kann es, je nach Umständen, noch längere Zeit im Haarbalg verweilen, oder es wird abgestossen. Im ersteren Falle erscheint dann der Haarknopf scharf von den Elementen der Wurzelscheide abgegrenzt, mehr oder weniger verhornt, mit ganz glatter Oberfläche. Im zweiten Falle wird der Haarknopf von der Papille abgehoben, seine Elemente verhornen vollständig, er erhält nun die Gestalt eines völlig soliden Zapfens (*Haarkolben*). Dieser erscheint gewöhnlich ganz frei von Pigment, daher hell und durchsichtig, an seinem unteren Ende zugespitzt und an den seitlichen Flächen wie aufgefasert (Fig. 162 B.). Während der abgehobene Haarkolben sammt der inneren Wurzelscheide in dem Haarbalge nach aufwärts geschoben wird, sinkt der letztere unter ihm zusammen, so dass der untere Theil des Haarbalges wie ein dünner Fortsatz des Ganzen erscheint. Die Papille wird kleiner und flacher, bleibt aber als solche bestehen. Auch sie rückt übrigens, wie *v. Ebner* nachgewiesen hat, mit der Glashaut und der äusseren Wurzelscheide höher

in den Haarbalg herauf, so dass die bindegewebigen Schichten des letzteren unterhalb der Papille völlig zusammenfallen und als ein Bindegewebsstrang erscheinen, welcher von der Papille aus in die Tiefe zieht. Dieser Strang ist schon vor vielen Jahren von *Wertheim* unter dem Namen *Haarstengel* beschrieben und irrthümlich mit der Regeneration des Haares in Beziehung gebracht worden.

Bevor es zur völligen Ausstossung des Haares gekommen ist, sieht man häufig über der alten Haarpapille ein neues Haar in Bildung begriffen. Die Elemente desselben stammen von der zurückgebliebenen äusseren Wurzelscheide her und sind häufig durch grossen Pigmentreichthum ausgezeichnet. Zugleich mit dem jungen Haare entsteht auch eine neue innere Wurzelscheide, da die des alten Haares mit diesem ausgestossen wird. Man erkennt sie leicht als einen schmalen, hellen Hof, welcher das entstehende Haar rings umgibt.

Die Talgdrüsen.

Die *Talgdrüsen* (*Haarbalgdrüsen*) sind einfache, im Allgemeinen nach dem acinösen Typus geformte Drüschen, welche in den obersten Lagen der Pars reticularis corii ihren Sitz haben und, wie bereits erwähnt, in constanten Beziehungen zu den Haarbälgen stehen. In dem Bereiche der Kopfhaare sind sie klein, langgestreckt, kolbenförmig, meistens zu zweien an jedem Haarbalg vorhanden. An den Barthaaren und den ihnen ähnlichen am Mons Veneris, in der Achselhöhle u. s. w. sind sie erheblich grösser, mehr der Breite nach entfaltet und entweder nur einfach, oder auch zu zwei oder drei in einen Haarbalg einmündend. Am stärksten entwickelt findet man sie an den mit Wollhaaren besetzten Hautstellen, insbesondere an der Nase und ihrer Umgebung und an den grossen und kleinen Schamlippen. Ihrer Gestalt nach sind sie dann theils rundlich (im Gesichte), theils ziemlich stark in die Länge gestreckt (am Rücken), theils auch mehr abgeflacht und in die Breite gedehnt (Haut des Penis) — Verhältnisse, welche wahrscheinlich mit der örtlichen Anordnung des Hautbindegewebes in Zusammenhang stehen (*Hesse*).

Ohne Beziehung zu Haaren findet man Talgdrüsen nur an den kleinen Schamlippen, an der Eichel und der Vorhaut des Penis (wo sie unter dem Namen der *Tyson'schen* Drüsen vorzüglich die Corona und das Collum glandis, sowie die Umgebung des Frenulum einnehmen) und bei manchen Individuen an dem rothen Lippenrande, hauptsächlich in der Nähe der Mundwinkel (*Kölliker*). Die Beugeflächen der Hand und des Fusses bleiben ganz frei von Talgdrüsen. Als eine besondere

Modifikation derselben sind die *Meibom'schen* Drüsen der Augenlider zu betrachten.

Eine jede Talgdrüse (Fig. 165) besteht aus dem Drüsenkörper und dem Ausführungsgang. Der letztere ist bei kleinen Talgdrüsen ziemlich kurz und eng, seine Elemente sind eine Membrana propria und eine einfache oder doppelte Lage auskleidender, cubischer oder etwas abgeplatteter Zellen. Die letzteren gehen bei der Einmündung des Ganges in den Haarbalg direkt in die Zellen der äusseren Wurzelscheide über.

An den grossen Talgdrüsen ist der Ausführungsgang von erheblicher Weite (insbesondere an der Nase), seine Mündung an der Hautoberfläche ist häufig selbst mit freiem Auge leicht zu erkennen. Dem Bau nach unterscheidet er sich insoferne, als seine innere Auskleidung fast bis an den Drüsenkörper hin durch die eingestülpte Epidermis gebildet wird. An irgend einer Stelle, bald höher, bald tiefer, wird die Wandung des Ganges in schiefer Richtung durch ein Wollhaar durchbrochen; dabei verschmelzen die Zellen der Wurzelscheiden mit der zelligen Auskleidung des Ganges.

Fig. 165.

Längsdurchschnitt einer Talgdrüse mit einem durch ihren Ausführungsgang hervortretenden Wollhaar. Aus der Wangenhaut des Menschen. (Hartnack, Object. VII, Ocul. 3.)

An seinem unteren Ende zerfällt der Ausführungsgang rasch in eine Anzahl von divergirenden Aesten (etwa 3—8), denen sowohl an den Seiten, als auch an den Enden kugelige, ellipsoidische oder birnförmige Ausbuchtungen (Acini) aufsitzen. Diese bilden in ihrer Gesammtheit den Drüsenkörper; derselbe erscheint jedoch keineswegs ganz scharf umgrenzt, da sich die einzelnen Drüsenformationen zwischen das Flechtwerk des Corium einschieben und eine gemeinsame Bindegewebshülle nicht vorhanden ist. Diese für die grösseren Drüsen typische Gestaltung findet man an den kleineren wesentlich vereinfacht; sie bestehen aus einer einfachen, dem Gange aufsitzenden, kolbigen Erweiterung, an welcher durch seichtere oder tiefere Einschnürungen eine Mehrheit von Acini gewissermassen nur angedeutet ist. Zwei oder mehrere solcher Bälge können nahe

der Mündung zu einem gemeinschaftlichen Gang zusammenfliessen (Fig. 162 A).

Was den feineren Bau der Drüsenformationen anbelangt, so bestehen sie aus einer structurlosen Membrana propria und aus einer einfachen Lage von abgeplatteten, fünf- oder sechsseitigen Secretionszellen. Diese sind gewöhnlich ganz hell und durchsichtig, nur mit vereinzelten feinen Körnchen und Fetttröpfchen besetzt; der etwas abgeflachte Kern tritt in der Regel sehr deutlich hervor. Die Lichtung der Drüsenformationen ist mit zahlreichen grösseren oder kleineren Fetttröpfchen erfüllt, und aus diesem Grunde erscheinen die Talgdrüsen, in frischem Zustande untersucht, bei Beleuchtung von oben weiss, glänzend, bei Beleuchtung von unten her aber ganz dunkel und undurchsichtig. Wegen dieses Umstandes ist auch die Untersuchung der Drüsenelemente am frischen Objekte sehr erschwert und mit Aussicht auf Erfolg nur nach Härtung in Alkohol, Chromsäure u. s. w. vorzunehmen.

Die Schweissdrüsen.

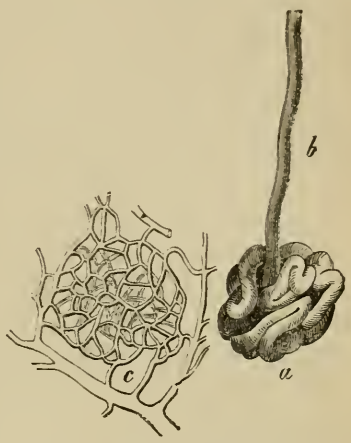
Die *Schweissdrüsen* (*Glandulae sudoriparae*, *Knäueldrüsen*) bestehen aus einem einfachen Drüsenröhrchen, dessen unterer Theil, vielfach gewunden, zu einem kugeligen oder abgeflachten *Knäuel* zusammengeballt ist, während der obere Theil (der sogen. *Schweissgang* oder *Schweisskanal*) in geradem oder leicht geschlängeltem Zuge durch das Corium gegen die Hautoberfläche verläuft und so gewissermassen den Ausführungsgang des Knäuels repräsentirt. In seinem durch die Epidermis ziehenden Endstück nimmt der Schweisskanal einen korkzieherartig gewundenen Verlauf an, was besonders an Handteller und Fusssohle sehr auffällig hervortritt (Fig. 159 A).

Die Schweissdrüsen sind fast über das ganze Gebiet der äusseren Haut verbreitet (sie fehlen nur an der Eichel und an dem inneren Blatte der Vorhaut des Penis, sowie in der nächsten Umgebung des Lippenrandes), jedoch an den verschiedenen Regionen in verschiedener Zahl und Grösse vorhanden. Am zahlreichsten sind sie an der Beugeseite der Hand und des Fusses. Ihre Knäuel erreichen da einen ansehnlichen Durchmesser und sind reihenweise, den Leisten der Cutis entsprechend, theils in der untersten Schichte der Pars reticularis, theils im Unterhautbindegewebe eingelagert. Die Mündungen der Schweisskanäle sind schon für das freie Auge als feine, in kurzen, regelmässigen Distanzen nebeneinander stehende Poren an dem Abhang der Cutisleistchen zu erkennen. Nicht minder reichlich sind sie in der Achselhöhle vorhanden, wo sie eine besondere Grösse erreichen und in dem

Unterhautbindegewebe ganz dicht an einander liegen. Ausserdem kommen in der Achselhöhle noch kleinere, in der Pars reticularis sitzende Knäuel in wechselnder Zahl vor. Ziemlich reichlich sind sie auch an dem Rücken der Hand und des Fusses, an der Stirne und am Halse vorhanden, spärlicher am Rumpfe, und zwar in etwas geringerer Zahl an der hinteren als an der vorderen Seite desselben. An allen diesen Orten sitzen sie meist in Gruppen von 2—3 neben einander, selten ganz vereinzelt. In der nächsten Umgebung des Afters kommen sie in einer kreisförmigen, etwa 1—1·5 Cm. breiten Hautzone in beträchtlicher Zahl und Grösse vor und führen den Namen *Circumanaldrüsen* (*Gay*).

Als eigenthümliche Abarten der Schweissdrüsen sind die *Ohrenschmalzdrüsen* (*Glandulae ceruminosae*) und die *Schweissdrüsen des Lidrandes* (*Moll'sche Drüsen*) zu betrachten. Die ersteren sind in ihrer äusseren Form ganz gleich den gewöhnlichen Schweissdrüsen, bei den letzteren aber wird der Knäuel durch einige spiralige Windungen des unteren Schlauchendes ersetzt, und die Mündung des Schweisskanales nach aussen erfolgt nicht an die freie Oberfläche, sondern in den Balg eines Cilienhaares. Letzteres, hier die Regel, hat auch ausnahmsweise an anderen Orten seine Analogie, indem z. B. in der Achselhöhle nicht selten der Zusammenfluss eines Schweisskanales mit einem Haarbalge beobachtet werden kann.

Fig. 166.



Eine Schweissdrüse mit dem zugehörigen Blutgefässnetz (c), a Knäuel, b Schweisskanal. (Nach *Todd* und *Bowman*.)

Mit Bezug auf die *feineren Bauverhältnisse* ergeben sich manche Differenzen in den verschiedenen Abschnitten der Schweissdrüse, welche namentlich durch die Untersuchungen *Heynold's* näher bekannt geworden sind. Im Bereiche des Knäuels wird das Drüsenröhrchen von einer einschichtigen Lage cylindrischer Zellen ausgekleidet und nach aussen zu von einer zarten Membrana propria begrenzt. Zwischen beiden, also nach einwärts von der Membrana propria, sind constant, aber in sehr wechselnder Zahl, glatte Muskelfasern eingebettet, welche dem Laufe des Röhrchens gleich gerichtet sind. In den grossen Schweissdrüsen (z. B. der Achselhöhle) bilden sie eine völlig geschlossene Lage, in den kleineren Schweissdrüsen sind sie spärlicher und fehlen in den kleinsten Arten gänzlich. Das Bindegewebe, welches zwischen den Windungen des Drüsenkanälchens enthalten ist, ordnet

sich an dessen Peripherie zu längslaufenden Zügen und stellt so eine Art von Umhüllung desselben her.

Sobald das Drüsenröhrchen aus dem Knäuel austritt und zum *Schweisskanal* wird, verschmälert es sich etwas und erhält eine in zwei bis drei Lagen über einander geschichtete Auskleidung von hellen, cubischen oder leicht abgeplatteten Zellen mit deutlich hervortretenden Kernen. Die Zellen der innersten Lage sind stets durch ihre bedeutendere Grösse ausgezeichnet und tragen an ihrer freien Fläche einen nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure besonders schön ausgeprägten Cuticularsaum. Der Muskelbelag setzt sich in den Schweisskanal nicht mehr fort, wohl aber die Membrana propria und die bindegewebige Umhüllung, soweit als derselbe im Corium verläuft. Beim Eintritt in das Stratum *Malpighii* verschwindet auch diese, und die Zellen, welche den Kanal begrenzen, nehmen völlig den Charakter der umliegenden Zellen der Keimschichte an und sind auch mit diesen durch gezähnelte Flächen verbunden; auch der Cuticularsaum wird undeutlich und verliert sich völlig. Im Stratum corneum ist der Schweisskanal nur mehr von den aufgelockerten Epidermiszellen begrenzt, deren dem Lumen zugewendeter Theil sich stärker verhornt zeigt.

Die *Ohrenschmalzdrüsen* verhalten sich in ihrem Bau ganz ähnlich den grossen Schweissdrüsen; hervorzuheben ist, dass die Muskelelemente in dem Bereiche des Knäuels sehr zahlreich vorhanden sind, und dass die Drüsenzellen häufig gelbe oder braune, glänzende Pigmentkörnchen und kleinere und grössere Fetttröpfchen enthalten. Die Drüsenzellen sind nach *Heynold*, abweichend von den eigentlichen Schweissdrüsen, mit einem scharf ausgeprägten Cuticularsaum besetzt. Die Zellenbekleidung ihrer Ausführungsgänge ist stets dreischichtig.

Die Blutgefässe der Haut. Die Haut wird allerwärts von kleinen Arterienzweigchen versorgt, welche aus den tiefen Arterien entspringen, die Fascien durchbrechen und sich über denselben der Fläche nach ausbreiten; constant hängen sie durch anastomotische Aestchen unter einander zusammen. Es ist besonders zu bemerken, dass die Anzahl dieser Arterienzweigchen an verschiedenen Bezirken sehr verschieden ausfällt, so dass z. B. am Rumpfe und an der Streckseite der Extremitäten ein arterielles Gefässchen einen viel grösseren Hautbezirk zu versorgen hat als an der Beugeseite der Extremitäten. Namentlich an der Hohlhand und Fusssohle ist die Zahl der selbständigen kleinen Hautarterien eine sehr grosse, daher das Ramifikationsgebiet einer jeden einzelnen verhältnissmässig klein. Der Rückstrom des Blutes erfolgt durch kleine, im Bereiche der Haut selbst entsprechend den Arterien angeordnete Venenstämmchen, welche sich aber im subcutanen Bindegewebe in stärkere, der Fläche nach ausgebreitete Venennetze ergiessen.

Aus den letzteren sammeln sich dann die in der Anatomie mit besonderen Namen bezeichneten subcutanen Venen.

Die Vertheilung der Blutgefässe und die Circulationsverhältnisse in der Haut selbst sind durch *Tomsa* in übersichtlicher und durchaus zutreffender Weise dargestellt worden. Nach ihm sind in der Haut allenthalben drei von einander unabhängige Capillargebiete zu unterscheiden, welche durch besondere Zweigchen der Hautarterien gespeist werden und in eigenen Venenwurzeln ihren Abfluss finden; das tiefste gehört dem Fettgewebe an, ein zweites den Schweissdrüsen und ein drittes dem Papillartheile des Corium, mit Inbegriff der Haarbälge und Talgdrüsen. Dem zufolge gibt eine jede Hautarterie in der Pars reticularis corii ein oder mehrere Zweigchen ab, welche sich in die Läppchen des cutanen Fettgewebes vertheilen und in denselben das bereits erörterte Capillarsystem (Seite 159) herstellen. Etwas höher oben entstehen die Zweigchen für die Schweissdrüsen. Dieselben zerfallen in ein Capillarnetz von ganz charakteristischer Form, welches den Knäuel und die einzelnen Windungen des Drüsenröhrchens korbartig umspinnt (Fig. 166 c) und durch zwei bis drei Venenwurzeln seinen Abfluss findet. Von den letzteren zieht eine regelmässig längs dem Schweisskanal nach aufwärts, um sich in das venöse Netz der Papillarschichte zu ergiessen, während die anderen in absteigender Richtung verlaufen und ein den zuführenden Arterienzweigchen entsprechendes Venensystem herstellen. Wo mehrere Schweissdrüsen ganz nahe an einander stehen, erhalten sie ein gemeinschaftliches Capillarsystem.

Nach Abgabe der genannten Zweigchen steigt das arterielle Stämmchen in die oberste Schichte des Corium empor und zerfällt dort in mehrere divergirende Endzweige, aus welchen theils die Capillargefässe der Papillen, theils die der Haarbälge und Talgdrüsen hervorgehen. Die ersteren erheben sich aus einer dicht unter den Basen der Papillen gelegenen netzförmigen Ausbreitung vorcapillarer Arterienzweigchen und erscheinen in Gestalt einfacher, nur in den stärksten Papillen doppelter Schlingen, deren absteigende Schenkel in ein der Fläche nach ausgebreitetes Gefässnetz mit venösem Charakter sich einsenken. Dieses letztere ist in den mit sehr grossen Papillen versehenen Hautbezirken in doppelter Schichte vorhanden, wobei die oberflächliche Schichte engere, den Hautleistchen entlang gestreckte, die tiefere hingegen rundliche, weitere Maschenräume aufweist. Aus ihm gehen kleine Venenstämmchen hervor, welche in dem Corium nach abwärts ziehen und sich unter spitzen Winkeln zu stärkeren Venen vereinigen; diese anastomosiren dann bogenförmig unter einander und nehmen im weiteren Verlauf die Venen der Schweissdrüsen und der Fettgewebsläppchen in sich auf.

Die *Haarbälge* beziehen ihre arteriellen Zweigchen aus den obersten Endverästlungen der Hautarterien. Ihre Capillarausbreitungen liegen zwischen den Faserhäuten des Haarbalges und senken sich mit weiten, quergestellten Maschen auch in das Gewebe der inneren Faserhaut ein. In dem oberen Theile des Haarbalges besteht eine ausgiebige Communikation seiner Gefässe mit der Ramifikation für die Cutispapillen, und von hier aus tritt auch eine oder die andere Gefässschlinge an die *Talgdrüsen* heran. Die Capillaren des Haarbalges ergiessen ihr Blut in ein unregelmässig geformtes venöses Netz, welches in der äusseren Faserhaut seinen Sitz hat und mit dem oberflächlichen Gefässnetz der Cutis allseitig in Zusammenhang steht. Bei den sogen. Tast- oder Spürhaaren besteht zwischen den beiden Schichten des Haarbalges ein weites Venennetz (Schwellnetz), welches nach oben durch einen unterhalb der Talgdrüsenmündung gelegenen ringförmigen Sinus abgeschlossen wird. Die Haarpapille erhält nach *Tomsa* stets ein selbständiges arterielles Zweigchen, welches in ihr in schlingenförmige Capillaren zerfällt; der Abfluss des Blutes aus diesen erfolgt aber durch das gemeinschaftliche Venennetz des Haarbalges.

Neben den beschriebenen, hervorragenden Gefässausbreitungen enthält die Haut auch noch besondere Capillarsysteme für die Muskeln, für die Ausführungsgänge der Schweissdrüsen und für die stärkeren Nervenstämmchen. Sie sind zumeist Abzweigungen des Gefässgebietes der Pars papillaris. Nur die Tunica dartos besitzt ein abgesondertes Gefässsystem und auch die Muskeln der Gesichtshaut werden theilweise von der Tiefe her mit Blut versorgt.

Die Lymphgefässe der Haut. Durch geeignete Injectionsmethoden kann man in allen Bezirken der Cutis typisch verzweigte und angeordnete capillare Lymphgefässe darstellen; die Reichhaltigkeit derselben in den verschiedenen Hautbezirken hängt vorzüglich mit der Entwicklung des Papillarkörpers zusammen. Die Lymphcapillaren treten allenthalben zu zwei geschlossenen, der Fläche nach ausgebreiteten Netzen zusammen, welche durch zahlreiche, schräg verlaufende Gefässchen in Verbindung gebracht werden.

Das oberflächliche Netzwerk liegt in dem obersten Theile der Pars papillaris, jedoch stets etwas tiefer als das oberflächliche Blutgefässnetz; es besitzt feinere Röhrchen und engere Maschen als das tiefliegende Netzwerk und sendet dort, wo die Papillen stark entwickelt sind, in diese hinein theils blinde Ausläufer, theils aber in flachen Bögen gekrümmte Schlingen. Besondere Lymphgefässnetze sind von *Neumann* um die Haarbälge und Talgdrüsen, sowie in der Umgebung der Schweissdrüsen dargestellt worden. Die verhältnissmässig

weiten, aber noch klappenlosen Gefässchen, welche von dem tiefen Lymphgefässnetze in das Unterhautbindegewebe ziehen, begleiten typisch die arteriellen Gefässzweigchen und umspinnen dieselben mit capillaren Netzen. Sie nehmen im weiteren Verlaufe die Lymphgefässe des cutanen Fettgewebes auf und gehen erst dann in klappenführende Stämmchen über, welche häufig noch auf lange Strecken im subcutanen Bindegewebe verlaufen.

Die Nerven der Haut. Die Hautnerven zerfallen bereits in dem subcutanen Bindegewebe in kleine, aus markhaltigen und marklosen Fasern bestehende Aestchen, welche im Allgemeinen in Begleitung der Blutgefässe in das Corium eindringen. Bezüglich ihrer Anzahl an verschiedenen Hautstellen gilt dasselbe, was oben für die arteriellen Gefässchen angeführt worden ist. Insbesondere hervorzuheben ist der grosse Nervenreichthum in der Vola manus und Planta pedis, vorzüglich aber an dem dritten Finger- und Zehengliede.

Während eine Anzahl von Nervenfasern bereits im Unterhautbindegewebe mit *Vater'schen* Körperchen (Seite 323) endigt, dringen die anderen bündelweise mit den Blutgefässen in die oberen Schichten des Corium vor, wo sie einen, je nach der Körperstelle verschieden dichten Plexus bilden. Aus diesem erheben sich theils markhaltige, theils marklose Fasern und treten an die Papillen heran. Die ersteren finden ihr Ende in *Meissner'schen* Tastkörperchen (vergl. S. 319). Die marklosen Fasern sind zum Theile zur Versorgung der Blutgefässe, mit Einschluss der Capillaren, bestimmt, zum anderen Theile aber gelangen sie in die Epidermis, um dort nach weiterer Verzweigung als feinste Fibrillen frei zwischen den Zellen zu endigen (vergl. S. 317).

An die Haarbälge treten feine Nervenstämmchen heran, welche sich entweder aus dem oberflächlichen Nervenplexus der Cutis, oder aus den tiefer gelegenen Stämmchen abzweigen. Bei den Spürhaaren bilden sie an der äusseren Oberfläche des Haarbalges durch gegenseitigen Faseraustausch ein langgestrecktes Geflecht, aus welchem eine grosse Anzahl markhaltiger Fasern in die Bindegewebsschichten des Haarbalges eindringt und bis an die Glashaut gelangt. Während sie die letztere durchbohren, verlieren sie die Markscheide und treten dann als kurze, marklose Fäserchen in die tiefste Schichte der äusseren Wurzelscheide, wo sie in Tastzellen ihr Ende finden (*Merkel*). Für die gewöhnlichen Haare entstammen die Nervenstämmchen in der Regel dem oberflächlichen Plexus der Cutis und umziehen in Kreistouren jenen Theil des Haarbalges, welcher unmittelbar unter der Einmündungsstelle der Talgdrüsen liegt (*Nervenring, Schöbl*). Bezüglich der Fasern des Nervenringes ist sichergestellt, dass sie die Glashaut nicht durchbrechen;

ihre Endigungsweise ist noch nicht hinreichend erforscht. Nach *Merkel* endigen einige von ihnen ebenfalls in Tastzellen, welche aber an der Aussenseite des Haarbalges gelegen sind.

Anhang.

Die Milchdrüsen.

Ob zwar für gewöhnlich zu dem Geschlechtsapparate gerechnet, sind die *Milchdrüsen* (*Mammae*) sowohl ihrer Anlage, als auch ihrem Sitze nach als wahre Hautdrüsen zu betrachten. Sie entwickeln sich im Embryo von der Haut aus, bei beiden Geschlechtern ganz gleichmässig. Erst von dem 10. bis 11. Lebensjahre an schreitet die Entfaltung der Drüse bei Mädchen rasch vorwärts, während sie bei Knaben meist stationär bleibt. Zur vollendeten Ausbildung und damit zur Funktionstüchtigkeit gelangt die Drüse erst, wenn Schwangerschaft eingetreten und bis gegen ihr Ende gediehen ist. Dieses Stadium soll zunächst zum Ausgangspunkt der Beschreibung gewählt und dann der Zustand der Drüse in den übrigen Lebensepochen berücksichtigt werden.

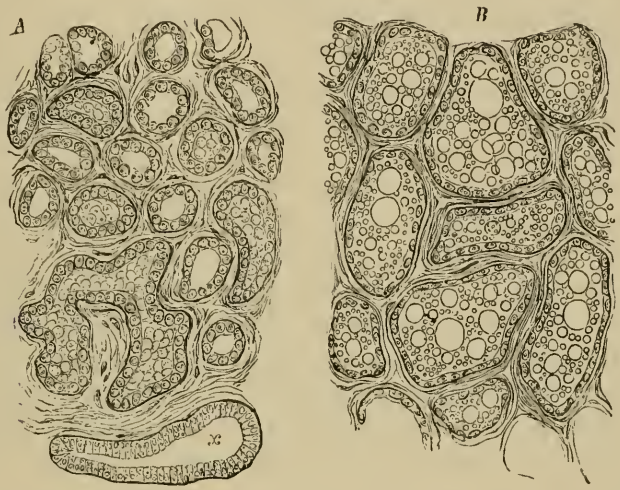
Zu Ende der Schwangerschaft zeigt die Milchdrüse ganz entschieden alle Charaktere einer acinösen Drüse. Die Ausführungsgänge, ungefähr 20 an der Zahl, münden alle gesondert an der Spitze der Brustwarze mit feinen Oeffnungen, nachdem ein jeder kurz vorher unter dem Warzenhofe eine länglich birnförmige, meist mit Ausbuchtungen versehene Erweiterung (*Milchsäckchen*, *Sinus lacteus*) gebildet hat. Einem jeden Ausführungsgang entspricht ein wohl umschriebener Lappen der Drüse, innerhalb dessen er sich dendritisch ramificirt. Den Endausläufern der Gänge sitzen Gruppen von kugeligen oder oblongen Drüsenbläschen auf. Die letzteren sind von einer Membrana propria umgeben, welche an ihrer äusseren Oberfläche jene sternförmigen Figuren erkennen lässt, wie sie auch bei Speicheldrüsen u. s. w. vorkommen (vergl. Seite 400). Ihre Auskleidung wird von einer einfachen Lage cubischer, mit grossen kugeligen Kernen versehener Secretionszellen gebildet (Fig. 167 A). Die Lichtung der Acini ist bald ganz eng, bald etwas weiter und mit einer homogenen oder von spärlichen kleinen Fetttröpfchen durchsetzten Flüssigkeit erfüllt. Die Wandung der Drüsengänge wird durch fibrilläres Bindegewebe hergestellt, welches vorwiegend circulär angeordnet und nur in den äussersten Schichten mit feinen elastischen Fasernetzen durchsetzt ist; nach einwärts zu zeigt es eine verdichtete Grenzschichte, welche sich erst an

den feineren Verzweigungen zu einer selbständigen Membrana propria gestaltet. Als innere Auskleidung der Gänge findet sich durchwegs eine einschichtige Lage von cylindrischen Zellen.

Das interstitielle Bindegewebe der so ausgebildeten Milchdrüse ist ziemlich locker gewebt, so dass man ohne Schwierigkeit die einzelnen Drüsenläppchen ausschälen kann, und in den meisten Fällen mit Fettgewebe und vereinzelten Fettzellen durchsetzt.

Während der *Lactationsperiode* zeigt sich die histologische Beschaffenheit der Milchdrüse insoferne verändert, als die Drüsenbläschen und Drüsengänge stets erheblich ausgeweitet und mit zahlreichen, grös-

Fig. 167.



A. Durchschnitt durch die Milchdrüse einer trächtigen Hündin; bei x der Querdurchschnitt eines Drüsenganges.
B. Aus einem Durchschnitte durch die Milchdrüse einer säugenden Hündin, zwei Wochen nach dem Wurf. (Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

seren und kleineren Fetttröpfchen (*Milchkügelchen*) erfüllt sind. Dabei erscheinen die Drüsenzellen, und insbesondere ihre Kerne, mehr abgeflacht, in verschiedenem Grade mit Fetttröpfchen besetzt (Fig. 167 B).

Wird die Brustdrüse nicht mehr durch das Säugen in Anspruch genommen, so vermindert sich sehr bald ihre secretorische Thätigkeit; die Drüsenbläschen nehmen zunächst wieder einen ähnlichen Charakter an, wie er ihnen gegen das Ende der Schwangerschaft eigen war, verkleinern sich aber bald noch mehr und stehen dann dicht gedrängt um die noch immer stark erweiterten Endzweige der Drüsengänge herum. Das interstitielle Bindegewebe tritt gegenüber den Drüsenformationen mehr hervor.

Ganz abweichend von dem bisher geschilderten Verhalten erweist

sich die Milchdrüse bei jungfräulichen Personen und während des Kindesalters. Beim *neugeborenen* Kinde findet man die Brustdrüse als ein deutlich begrenztes Gebilde, dessen Hauptmasse aus Bindegewebe besteht; in diesem laufen nach allen Richtungen die Drüsengänge aus, welche nun sämmtlich einmal, oder zwei- bis dreimal verästigt sind und ein kolbiges, mehrfach gebuchtetes, blindes Ende besitzen. Im Laufe des Kindesalters, etwa bis zum 11.—12. Jahre, besteht das Wachsthum der Milchdrüse, bei Mädchen sowohl wie bei Knaben, darin, dass die Ramifikation der Drüsengänge durch allmälige Abgabe von seitlichen Aesten sich vervielfältigt, ohne dass es zur Bildung von eigentlichen Acini kommt. Jedoch zeigen sich häufig individuelle, von dem Alter und Geschlecht unabhängige Verschiedenheiten sowohl in Bezug auf die Ausbildung des Gangwerkes, als auch in Betreff der äusseren Form und Begrenzung der ganzen Drüse.

Mit dem Eintritt der Geschlechtsreife erst beginnt die Verästlung der Drüsengänge bei Mädchen viel rascher und weiter vorwärts zu schreiten als bei Knaben.

Die Brustdrüse der *mannbaren Jungfrau* stellt einen allseits wohl begrenzten, compacten Körper ohne irgend eine Andeutung von Lappenbildung dar. Der bei weitem überwiegende Bestandtheil desselben ist fibrilläres Bindegewebe, welches wegen der festen und innigen Durchflechtung seiner Bündel ein derbes, compactes Gefüge besitzt; niemals kommen Fettgewebsläppchen in ihm vor, nur ganz selten vereinzelte fetthaltige Bindesubstanzzellen. In Lücken dieses Gewebes breiten sich nun die Ramifikationen der Drüsengänge aus, wegen der scheibenartigen Form des ganzen Organes, vorwiegend in radiärer Richtung.

In Betreff derselben hat *C. Langer* zuerst auf die interessante Thatsache aufmerksam gemacht, dass sie nur an der äussersten Peripherie des Organes zu Formationen sich entfalten, welche dem acinösen Drüsenbau vollständig entsprechen, indem nur hier den feinsten Enden der Gänge grössere Gruppen von kugeligen Drüsenbläschen aufsitzen, und demgemäss auch für das freie Auge schon erkennbare Drüsenläppchen vorkommen. In dem ganzen übrigen Bereiche der Drüse findet man nur gröbere, wenig verzweigte Gänge mit einfach kolbigen oder mehrfach ausgebuchteten Enden.

In diesem Zustande verharrt die Milchdrüse, bis sie in Folge von eingetretener Schwangerschaft durch weitere Ramifikation der Drüsengänge und durch Entstehung massenhafter Drüsenbläschen ihre vollständige Ausbildung erreicht. Während dessen geht aber die derbe Beschaffenheit des Bindegewebsstromas völlig verloren, dasselbe wird aufgelockert und ordnet sich um die allmälig an Masse zunehmenden

Drüsenformationen in derselben Weise an, wie es bei anderen acinösen Drüsen vorgefunden wird.

In den *klimakterischen Jahren* kommt es unter allen Umständen, ob Schwangerschaft vorausgegangen war oder nicht, zu einer Involution der weiblichen Brustdrüse; es schwinden dabei die Drüsenbläschen vollständig, und zum grösseren Theile wohl auch die feineren Verzweigungen des Gangwerkes. Die Reste des letzteren werden durch lockeres Bindegewebe umgeben, welches reich mit elastischen Fasernetzen durchsetzt ist.

Bei *erwachsenen Männern* fehlt die Brustdrüse niemals vollständig. In der Mehrzahl der Fälle findet sie sich in einem Zustande, wie er bei neugeborenen Kindern die Regel ist, d. h. die Drüsengänge sind verhältnissmässig kurz, wenig ramificirt und endigen mit kolbigen Anschwellungen. Es ist also in diesen Fällen eine Rückbildung der Drüse von der Zeit der beginnenden Pubertät an eingetreten. In anderen, keineswegs seltenen Fällen beobachtet man auch bei Männern etwas voluminösere Brustdrüsen mit reicher verzweigten Drüsengängen, ähnlich jenen in den centralen Parthieen des jungfräulichen Organs. Niemals aber kommt es zur Bildung von wahren Drüsenbläschen (*C. Langer*).

An der *Brustwarze und an dem Warzenhofe* ist die Haut durch stärkere Pigmentirung, durch das Auftreten besonders grosser Cutispapillen und durch die Einlagerung zahlreicher, glatter Muskelfasern ausgezeichnet. Die Pigmentirung rührt von der Ansammlung gelblicher oder bräunlicher Farbstoffkörnchen in den tiefsten Zellenlagen der Epidermis her; sie nimmt bekanntlich während der Schwangerschaft an Intensität bedeutend zu. Die Cutispapillen, von bedeutender Länge und Breite, haben häufig verästigte Spitzen und führen theils Gefässschlingen, theils Nervenendkörperchen. Die Muskulatur durchzieht mit netzartig angeordneten Bindegewebsbündeln die tieferen Schichten des Corium und des subcutanen Bindegewebes und umstrickt die Milchgänge bis nahe an die Spitze der Brustwarze. In der letzteren finden sich namentlich zahlreiche, von der Basis gegen die Spitze verlaufende Muskelbündel. Das Corium und das subcutane Bindegewebe bleiben im Bereiche des Warzenhofes völlig frei von Fettgewebe.

Gegen das Ende der Schwangerschaft und während der Lactation findet man im Bereiche des Warzenhofes gewöhnlich eine Anzahl rundlicher, etwa hirsekorngrosser Höckerchen, die sogen. *Montgomery'schen Drüsen*. Es entsprechen diesen kleine, accessorische Milchdrüsenläppchen, welche unmittelbar unter der Haut der Areola gelegen sind, und deren Ausführungsgang an der Kuppe des Höckerchens mündet.

Die *Blutgefässe* der Brustdrüse weichen bezüglich ihrer Vertheilung insoweit von denen der meisten acinösen Drüsen ab, als die Ramifikation

der grösseren Stämmchen nicht entlang den Drüsengängen erfolgt, da das Organ durch Zweige vieler in der Nachbarschaft gelegener Gefässe versorgt wird, und dieselben daher von verschiedenen Seiten her in das Parenchym eindringen. Die Gestaltung des Capillarnetzes in der ausgebildeten Drüse entspricht hingegen völlig dem für acinöse Drüsen allgemein gültigen Schema.

Die *Lymphgefässe* der Brustdrüse bilden zwischen den Drüsenlappen und innerhalb derselben capillare Netze. Ebensolche finden sich am Warzenhofe und in der Brustwarze, wo sie die Milchsäckchen umstricken (*Sappey*). Alle Lymphgefässe sammeln sich schliesslich zu einem Hauptstamme, welcher zu einem in der Achselhöhle, in der Höhe der 3. Rippe gelegenen Lymphknoten hinzieht.

Die Endausbreitungen der *Nerven* in dem Parenchym der Drüse sind noch unbekannt. In der Brustwarze kommen in erheblicher Zahl Papillen vor, welche keine Gefässschlingen, hingegen nahe der Spitze ein *Meissner'sches* Tastkörperchen enthalten. Am Grunde der Brustwarze hat *W. Krause Vater'sche* Körperchen nachgewiesen.

X. Kapitel.

Die Sinnes-Apparate.

Wie mannigfach sich die Sinnesapparate bezüglich ihrer Bestandtheile und ihrer Bauverhältnisse verhalten mögen, so haben doch alle das Gemeinsame an sich, dass sie die peripheren Ausbreitungen sensibler Nerven enthalten, an welche eigenthümliche Terminalapparate geknüpft sind. Diese letzteren sind als *modificirte Epithelialformationen* zu betrachten, welche entweder eine besondere Gewebsschichte darstellen (z. B. beim Sehapparat), oder in wahren Schleimhautepithelien eingestreut sind (z. B. beim Geschmacksapparat). Um diese Analogie in dem morphologischen Charakter zum Ausdruck zu bringen, hat man die für die adäquaten Reize empfindlichen Flächen als *Sinnesepithelien* (*Neuroepithelien*) bezeichnet. Dieselben bilden somit den wesentlichsten Bestandtheil der Sinnesapparate.

Bei einzelnen derselben (Sehapparat, Gehörapparat) kommen dazu noch eigenartig beschaffene Vorbaue, deren Einrichtung darauf hinzielt, die adäquaten Reize in geeigneter Weise den empfindenden Flächen zuzuleiten, und endlich noch accessorische Bestandtheile, wie Muskeln, Schutzvorrichtungen u. s. w.

Von den fünf Sinnesapparaten sind zwei — *der Tast-* und der *Geschmacksapparat* — bereits in vorhergehenden Kapiteln behandelt worden, da sie mit Körpertheilen verknüpft sind, welchen ausserdem noch andere Funktionen zugewiesen sind. Es erübrigt daher nur noch die Beschreibung jener Sinnesapparate, welche entweder im wahren Sinne des Wortes eigenartige Organe des Körpers darstellen, oder doch eine gewisse räumliche Selbständigkeit besitzen — es sind dies der *Seh-*, der *Gehör-* und der *Geruchsapparat*.

I. Der Sehapparat.

Von dem Sehapparat kommen hier in Berücksichtigung, als wichtigster Bestandtheil: der *Augapfel* mit dem *Sehnerven*, als accessorische Bestandtheile: der *Thränenapparat* mit Einschluss der *Bindehaut* und der *Lider*.

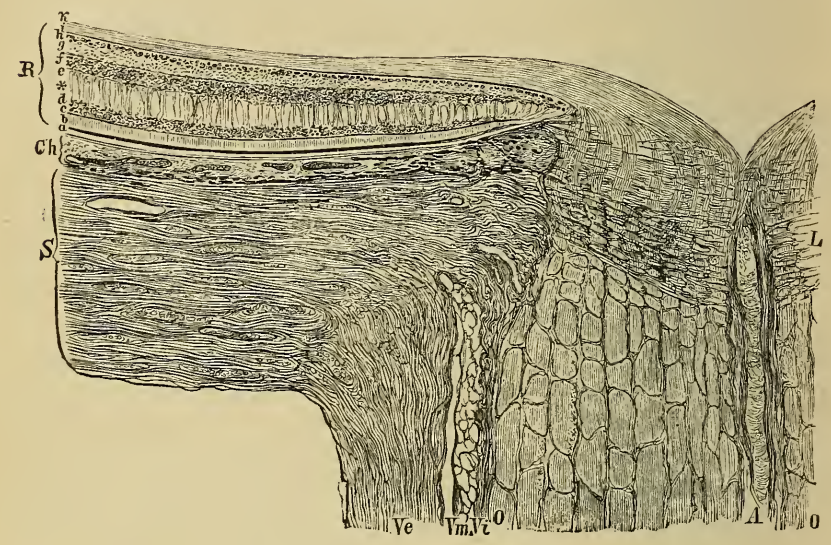
Der *Augapfel* ist bekanntlich eine geschlossene Kapsel, an welcher man eine dreischichtige Schale und einen theils geformten, theils flüssigen Inhalt unterscheidet. Die äusserste Schichte der Schale (*Tunica externa*) ist eine Bindegewebshaut, deren vorderster, durchsichtiger Abschnitt — die *Hornhaut* — in seinem Bau von dem übrigen, undurchsichtigen Theile — der *weissen Augenhaut* — abweicht. An sie schliesst sich die mittlere Augenhaut (*Tunica vasculosa*) mit ihren beiden Abschnitten — der *Aderhaut* und der *Regenbogenhaut* — an; die innerste Schichte wird durch die *Netzhaut* gebildet, welche die Endausbreitung des Sehnerven und das daran geknüpfte Sinnesepithel enthält. Als geformte Theile des Inhaltes kommen die *Krystalllinse* und der *Glaskörper* in Betracht.

1) Sehnerv und Augapfel.

Der **Sehnerv (Nervus opticus).** Er bietet in Betreff seines Aufbaues manche Eigenthümlichkeiten dar und bedarf daher einer besonderen Beschreibung. Nachdem er aus dem Chiasma opticum ausgetreten ist (vergl. S. 264), stellt er in seinem intracraniellen Theile einen abgeplatteten, nur von der Pia mater bekleideten Strang dar. Erst bei seinem Durchtritt durch das Foramen opticum nimmt er eine drehrunde Gestalt an und erhält eine derbere, festere Umhüllung. Diese entstammt der Dura mater, deren äussere Gewebslagen an der Umrandung des Foramen opticum festhaften und in die Periorbita übergehen, wogegen sich die inneren an den Sehnerven anschliessen und die sogen. *fibröse Scheide* desselben bilden. Beim Eintritt des Sehnerven in den Augapfel setzt sich diese unmittelbar in das Gewebe der Sklera fort. Da aber auch die weichen Hirnhäute mit ihren Elementen sich auf den Sehnerven

fortpflanzen, so erhält die Bindegewebshülle seines intraorbitalen Theiles drei getrennte Schichten, welche, dem Bau und dem ganzen Verhalten nach, leicht ihre Zusammengehörigkeit mit den drei Häuten des Gehirnes erkennen lassen. Man bezeichnet denn auch die äussere Schichte als *Duralscheide*, die mittlere als *Arachnoidealscheide* und die innere als *Pialscheide* (*Key* und *Retzius*, *Schwalbe*), ebenso wie die zwischen ihnen bleibenden Räume als *Subdural-* und *Subarachnoidealraum* des

Fig. 168.



Horizontaldurchschnitt durch die Häute des menschlichen Augapfels an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Von dem letzteren ist noch etwas mehr als die laterale Hälfte in die Zeichnung einbezogen. (Chromsäure-Präparat.)

Ve Duralscheide, Vm Arachnoidealscheide, Vi Pialscheide des Sehnerven, von O-O Nervenfaserbündel desselben. A Arteria centralis Retinae, L Lamina cribrosa.

S Durchschnitt der Sklera, Ch Choroidea, R Retina. An der letzteren erkennt man die auf einander folgenden Schichten: a Pigmentschicht, b Stäbchenschichte, c Membrana limitans externa, d äussere Körnerschichte mit der äusseren Faserschichte *, e Zwischenkörnerschichte, f innere Körnerschichte, g moleculäre Schichte, h Ganglienzellenschichte, i Nervenfaserschichte, k Membrana limitans interna. Die Abbildung ist mit Hartnack Object. II. aufgenommen und mit Object. V, Ocul. 2 das Detail eingezeichnet.

Nervus opticus benannt werden, da sie die unmittelbare Fortsetzung der analogen Räume der Schädelhöhle darstellen.

Mit Bezug auf die einzelnen Sehnervenscheiden ist noch folgendes zu bemerken.

Die *Duralscheide* ist aus ziemlich starken, abgeplatteten Bindegewebsbündeln zusammengesetzt und mit spärlichen, feinen elastischen Fasernetzen durchzogen. Die Verlaufsrichtung der ersteren ist eine vorwiegend longitudinale; nur in der Nähe des Augapfels treten in den tieferen Schichten circulär angeordnete Faserbündel in grösserer Menge hervor. Die abgeplatteten Bindesubstanzzellen sind ohne nachweisbare

Gesetzmässigkeit zwischen den faserigen Elementen eingelagert, ordnen sich aber an der inneren Fläche der Duralscheide, diese abschliessend, zu einer continuirlichen, endothelialen Schichte.

Die *Arachnoidealscheide* ist ein äusserst zartes Häutchen, welches sich gewöhnlich ganz innig an die Duralscheide anschmiegt. Ihre Darstellung gelingt am besten, wenn man von dem Subduralraum des Schädels her eine nur wenig mit Carmin gefärbte Leimmasse zwischen die Scheiden des Sehnerven einspritzt, wobei die Arachnoidealscheide stets nicht nur von der äusseren, sondern auch von der inneren Scheide abgehoben, d. h. sowohl der Subduralraum als der Subarachnoidealraum des Sehnerven erfüllt wird. Quer- und Längsdurchschnitte des letzteren geben dann sehr lehrreiche Bilder. Man sieht, wie sich von der Arachnoidealscheide ein zierliches Netzwerk feiner Bindegewebsbälkchen abzweigt und den Subarachnoidealraum bis an die Pialscheide hin durchzieht, während in dem Subduralraum nur ganz vereinzelte, dünne Fäserchen ausgespannt sind. Mit Bezug auf den feineren Bau besteht die Arachnoidealscheide aus einem feinen Gitterwerk dünner Bindegewebsbündel, über welches sich endothelartig geschlossene Häutchen von flachen Bindesubstanzzellen ausbreiten. Auch die stärkeren Bälkchen des den Subarachnoidealraum durchziehenden Netzwerkes sind von Endothelzellen eingescheidet. Sie zeigen übrigens nach Zusatz von verdünnten Säuren genau dieselben Quellungsbilder, welche (S. 115) an den analogen Formationen des cerebralen Subarachnoidealraumes beschrieben worden sind.

Beim Eintritt des Sehnerven in den Bulbus zerfällt, wie ich an vielen Präparaten gefunden habe, die Arachnoidealscheide in feine Bälkchen, welche denen des Subarachnoidealraumes völlig gleichen und sich auch an sie anschliessen. In Folge dessen entsteht zwischen diesem und dem vordersten, blinden Ende des Subduralraumes eine ausgiebige Communikation (Fig. 168).

Die *Pialscheide* umschliesst den eigentlichen Kern des Sehnerven ganz fest und sendet Dissepimente in denselben hinein. Man kann an ihr eine äussere derbere, vorwiegend aus quer geordneten Bindegewebsfasern zusammengesetzte Schichte unterscheiden, welche das Balkennetz des Subarachnoidealraumes in sich aufnimmt und mit einer endothelialen Zellenbekleidung versehen ist. Die innere Schichte ist zarter gewebt und vorwiegend längsfaserig; sie ist es, welche die erwähnten Dissepimente in das Innere des Sehnerven abgibt und so mit dem bindegewebigen Stroma desselben auf das innigste zusammenhängt.

Auch die Anordnung dieses letzteren zeigt besondere, vor längerer Zeit schon durch *Klebs* aufgedeckte Eigenthümlichkeiten. Es ziehen sich nemlich zwischen den Nervenfaserbündeln verhältnissmässig starke,

längsverlaufende Bindegewebsstränge hin, welche in kurzen Intervallen durch zahlreiche feinere, der Quere nach gerichtete, oft verzweigte Bälkchen verbunden werden. Es baut sich so ein der Länge nach gestrecktes Gitterwerk auf, in dessen Lücken die Bündel der Nervenfasern gelegen sind. Beim Durchtritt des Sehnerven durch die Sklera verschmilzt die Pialscheide mit der letzteren und das bindegewebige Stroma mit dem Balkenwerk der Lamina cribrosa.

Was nun die *nervösen Elemente* des Sehnerven betrifft, so sind dieselben äusserst feine, markhaltige Fasern, welche an Zupfpräparaten sich ähnlich wie die der weissen Substanz der Centralorgane verhalten, daher es auch für sie wahrscheinlich ist, dass sie der *Schwann'schen* Scheide entbehren. Sie sind zu zahlreichen dünnen Bündeln gruppirt, welche ab und zu durch Faseraustausch zusammenhängen. Zwischen die Fasern eines Bündels dringt das früher beschriebene, fibrilläre Stützgewebe niemals ein, hingegen sind dieselben durch eine der Neuroglia ähnliche Substanz ziemlich fest an einander gekittet. Dieser gehören auch die an Carminpräparaten zwischen den Nervenfasern in grosser Zahl hervortretenden, ellipsoidischen Kerne an. An dem vordersten Ende des Sehnerven werden die gegenseitigen Anastomosen der Nervenfaserbündel immer zahlreicher, diese selbst, sowie der ganze Querschnitt des Nerven auffallend schmäler. Das letztere ist darin begründet, dass die Nervenfasern an dieser Stelle ihre Markscheide verlieren und von nun an als nackte Axencylinder weiter verlaufen.

Die *Arteria centralis retinae*, welche in Begleitung einer Vene den vorderen Antheil des Sehnerven der Länge nach durchzieht, besitzt eine eigene Umhüllung aus fibrillärem Bindegewebe, deren Elemente allerwärts mit dem Stroma des Sehnerven zusammenhängen, insbesondere aber sich in ausgiebiger Weise an der Bildung der Lamina cribrosa betheiligen. Mit der Arteria centralis dringen auch ein oder zwei feine Nervenstämmchen, aus den umliegenden Ciliarnerven stammend, in den Nervus opticus ein und lassen sich in demselben bis an die Sehnervenpapille verfolgen (*W. Krause, Kuhnt*).

Die weisse Augenhaut (harte Augenhaut, Sklera) trägt alle histologischen Charaktere einer derben, fibrösen Membran an sich. Ihr Gewebe besteht der Hauptmasse nach aus feinen Bindegewebsbündeln, welche sich nach den verschiedensten Richtungen überkreuzen und durch einander flechten. Es ist kaum thunlich, im Allgemeinen äquatoriale und meridionale Faserbündel besonders hervorzuheben, da diesen fast allerorts ebenso viele, zu diesen Richtungen verschieden geneigte und auch zur Dickendimension schief gerichtete Bindegewebsbündel eingewebt sind. Ein auffallendes Vorwiegen meridionaler Bündel

wird nur durch die Einstrahlnng der Sehnen der geraden Augenmuskeln in dem vorderen, verdickten Theile der Sklera hervorgerufen, wohingegen unmittelbar vor dem Uebergang der Sklera in die Hornhaut stets eine grosse Zahl stärkerer, äquatorial verlaufender Faserbündel zum Vorschein kommt. Zwischen den leimgebenden Bündeln ziehen sich allenthalben feine, elastische Fasernetze hin, spärlicher in den äusseren Schichten, in ziemlich dichter Anhäufung gegen die innere Oberfläche der Sklera. In der Gegend der Fovea centralis findet man einen derben, deutlich sich abhebenden Bindegewebsstrang, welcher die ganze Dicke der Sklera durchsetzt und als *Funiculus sklerae* bezeichnet wird. Man deutet ihn als Narbe der fötalen Augenspalte.

Von den *Bindesubstanzzellen* der weissen Augenhaut sind zweierlei Arten zu unterscheiden; die einen sind dünne, farblose, durchsichtige Schüppchen, mit flachen länglichen Kernen versehen; sie bilden bei weitem die Mehrzahl und sind durch das ganze Gewebe der Sklera zerstreut; die anderen treten durch ihren Gehalt an Pigmentkörnchen viel auffälliger hervor, sind aber beim Menschen nur sehr spärlich, bei den meisten Thieren hingegen reichlicher vorhanden. Auch sie stellen sich als flache, hyaline Plättchen dar, denen die Farbstoffkörnchen in langgestreckten, eckigen oder strahlenförmigen Figuren eingebettet sind. Als die Lagerstätten der Bindesubstanzzellen kann man durch Silberbehandlung ein System unregelmässig geordneter und verschieden gestalteter Saftlücken nachweisen.

An der äusseren Oberfläche ist das Gewebe der Sklera keineswegs scharf abgeschlossen; es zweigt sich vielmehr von ihm eine grosse Zahl zarter Bindegewebsbündel ab, welche zur Bildung eines dünnen, an dem Bulbus leicht verschiebbaren Häutchens zusammentreten. Dieses schlägt sich vorne auf die Muskelsehnen, nach rückwärts aber auf den Sehnerven hinüber. Es ist nichts Anderes als das innere Blatt jener Membran, welche als *Tenon'sche Kapsel* bekannt ist. An dem vordersten Abschnitte der Sklera zweigen sich in derselben Weise ihre Elemente vielfach in das subconjunctivale (episklerale) Bindegewebe ab.

Ebensowenig bietet die Innenseite der Sklera eine freie, geglättete Fläche dar, indem von ihr aus reichliche Gewebselemente zur Choroidea herübergespannt sind. Löst man die letztere an einem frischen Auge von der ersteren ab, so wird die Gewebsverbindung zwischen beiden zerrissen, und es bleiben sowohl an der inneren Oberfläche der Sklera, als auch an der äusseren der Choroidea lockere, lamellöse Reste derselben haften. Der Theil, welcher der Sklera anhängt, gibt sich sofort durch seine gelbbraune Farbe zu erkennen und führt den Namen *Lamina fusca sklerae* (*Brücke*), der andere Theil, welcher mit der Choroidea in Zusammenhang bleibt, wird als *Lamina*

suprachoroidea bezeichnet. Beide bestehen demgemäss aus denselben Elementen, unter welchen zarte elastische Fasernetze und pigmentführende Zellen die hauptsächlichsten sind. Die letzteren zeigen eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit nach Grösse und Form, sowie nach ihrem Gehalt an Pigment. Meist sind sie abgeplattet, den in der Sklera beschriebenen ähnlich, zum Theil aber spindel- oder sternförmig, mit feineren und gröberen Fortsätzen versehen; nicht selten auch sind einzelne kugelige Formen zu finden. Gewöhnlich ist die Stelle des Kernes als ein ovaler, pigmentfreier Fleck an ihnen zu erkennen. Neben diesen charakteristischen Zellenformen findet man gewöhnlich noch lymphoide Zellen in wechselnder Zahl eingestreut.

Schwalbe und nach ihm mehrere andere Autoren haben an der Innenfläche der Sklera einen aus besonders grossen Zellen gebildeten Endothelbelag beschrieben, welcher durch Behandlung mit Silbersalpeter nachgewiesen werden kann.

Es ist bereits oben des Zusammenhanges der weissen Augenhaut mit den Scheiden des Sehnerven gedacht worden, und auch des Durchbruches der Opticusfasern durch die erstere Erwähnung geschehen. Bei manchen Thieren (z. B. Frosch) erfolgt derselbe einfach durch eine kreisrunde, scharf begrenzte Lücke der Sklera, bei den meisten übrigen jedoch, und beim Menschen, ist die Durchbruchsöffnung von einem bindegewebigen Gitterwerk — der *Lamina cribrosa* — durchzogen. Dieselbe wird hergestellt durch Faserzüge, welche sich aus dem Gewebe der Sklera abzweigen, netzartig zwischen die hier schon fein gewordenen Nervenfaserbündel des Opticus eindringen und in querer Richtung dieselben umgreifen. Während sie sich einerseits in der Axe des Sehnerven mit der Bindegewebsscheide der Centralgefässe in Zusammenhang setzen, ja zum Theil aus derselben zu entspringen scheinen, besteht andererseits eine ununterbrochene Continuität zwischen ihnen und dem fibrillären Stroma des Sehnerven. Von dem letzteren unterscheidet sich das Gitterwerk der Lamina cribrosa durch das Vorwiegen und das stärkere Kaliber der quer verlaufenden Balken und durch die verhältnissmässig geringe Entwicklung der Längsbalken.

Man kann übrigens an Längsschnitten des vorderen Sehnervenendes stets zwei scharf abgesetzte Schichten der Lamina cribrosa unterscheiden (Fig. 168); die hintere, in der Ebene der Sklera gelegene, ist durch stärkere Querbalken und weitere Maschenräume, die vordere, bereits in der Ebene der Aderhaut gelegene, durch feine Bälkchen und engere Maschenräume ausgezeichnet. Es kann nicht bezweifelt werden, dass die letztere Schichte mit dem Gewebe der Aderhaut zusammenhängt. Ich glaube dies, gegenüber *Schwalbe*, bestimmt betonen zu können, da man an dünnen Durchschnitten den Uebergang des feinen

Balkennetzes in die Stromaelemente der Aderhaut ganz gut erkennen kann; überdies spricht auch der Umstand dafür, dass die Blutgefässe der Aderhaut mit denen der Lamina cribrosa recht ausgiebig anastomosiren.

Ausser dieser grösseren Lücke ist die Sklera an verschiedenen Stellen mit feinen Oeffnungen für die durchpassirenden Arteriae und Nervi ciliares und für die Venae vorticosae versehen. In denselben sind die genannten Gebilde durch lockeres Bindegewebe mit dem Gewebe der Sklera verknüpft, etwa so, wie wir es an vielen anderen Orten finden, wo Gefässe oder Nerven eine stärkere Fascie durchsetzen. Ausserdem enthält der vorderste Abschnitt der Sklera noch einen kanalartigen Raum, welchem die Bedeutung eines Venensinus zugeschrieben werden muss (*Schlemm'scher Kanal, Sinus venosus iridis*); auf ihn wird noch weiter unten zurückzukommen sein.

Die Hornhaut (Cornea) ist, wie die Sklera, eine Bindegewebsmembran und mit dieser in ununterbrochenem geweblichem Zusammenhang. Abgesehen von anderen, baulichen Verhältnissen unterscheiden sich diese beiden Abschnitte der äusseren Faserhaut zunächst dadurch, dass die Cornea an ihren beiden Oberflächen durch eine zellige Ueberkleidung völlig abgeschlossen und geglättet ist. Dieser Zellenbelag besitzt an der vorderen Fläche einen epithelialen, an der hinteren einen endothelialen Charakter, und wird beiderseits durch eine homogene Grenzschichte (*Basalmembran*) von dem bindegewebigen Antheil getrennt. Man kann somit an einem senkrechten Durchschnitt der Hornhaut fünf Schichten*) zählen, welche sich von vorn nach rückwärts in folgender Weise an einander reihen (Fig. 169):

a. das Hornhautepithel,
b. die vordere Basalmembran (Lamina elastica anterior oder *Bowman'sche* Membran),
c. die bindegewebige Hornhautsubstanz (Substantia propria corneae),
d. die hintere Basalmembran (Lamina elastica posterior oder *Descemet'sche* Membran),
e. das Hornhautendothel (Endothel der vorderen Augenkammer).

*) Die gewebliche Zusammensetzung der Hornhaut wird dem Verständnisse wesentlich näher gerückt, wenn man, nach dem Vorgange *Waldeyer's*, eine der Entwicklungsgeschichte derselben entsprechende Schichtung in's Auge fasst, welche übrigens bei manchen Thieren auch noch im ausgewachsenen Zustande sich deutlich kenntlich macht. Es entwickelt sich nemlich der grösste Antheil der Substantia propria im Zusammenhang mit der Sklera und kann daher als *skleraler Antheil* bezeichnet werden; die vorderste Schichte der Substantia propria, sammt dem Epithel und der vorderen Basalmembran, gehört genetisch der Bindehaut an (*cutaner* oder *conjunctivaler Antheil*), während die hintere Basalmembran sammt dem Endothel aus einer gemeinsamen Anlage mit der Choroidea hervorgeht (*choroidealer Antheil*).

Von allen diesen Schichten nimmt die *Substantia propria corneae* das grösste Interesse für sich in Anspruch, einerseits weil sie räumlich die wesentlichste Grundlage für die Hornhaut abgibt, andererseits aber, weil ihren specifischen physikalischen Eigenschaften und ihren besonderen Ernährungsverhältnissen auch bestimmte Eigenthümlichkeiten des feineren Baues entsprechen.

Ihre Elemente sind die des Bindegewebes im Allgemeinen: Bindegewebsfibrillen, fixe und wandernde Zellen und eine structurlose Zwischensubstanz.

Fig. 169.

Senkrechter Durchschnitt durch die Hornhaut eines erwachsenen Mannes, nach Härtung in Chromsäure und Alkohol.

a Epithellage, b vordere Basalmembran, cc Substantia propria, d hintere Basalmembran, e Endothellage. (Hartnack, Object. V, Ocul. 2.)

Die Bindegewebsfibrillen können durch verschiedene Methoden (10% Kochsalzlösung, übermangansaures Kalium, Barytwasser) isolirt erhalten werden; sie sind durch ausserordentliche Feinheit und Durchsichtigkeit ausgezeichnet, sowie dadurch, dass sie beim Kochen mit Säuren nicht den gewöhnlichen Bindegewebsleim, sondern eine dem Chondrin verwandte Substanz liefern. Die Fibrillen sind in sehr regelmässiger Weise zu platten Bündeln vereinigt und diese treten wieder, mit ihren schmalen Rändern verkittet, zur Bildung von dünnen Blättern zusammen, welche parallel den freien Flächen der Hornhaut über einander geschichtet sind und so die Substantia propria derselben aufbauen. Halten so die allermeisten Bindegewebsbündel eine der Oberfläche gleich laufende, und zwar meridionale Richtung ein, so sind sie doch keineswegs alle unter einander parallel gelagert. Es zeigt sich vielmehr, dass sie in den aufeinander folgenden Lamellen in ziemlich regelmässiger Abwechslung nach verschiedenen, vorzüglich aber senkrecht aufeinander stehenden Meridianen gerichtet sind, so dass man an senkrechten Durchschnitten der Hornhaut, in günstigen Fällen, durch die ganze Dicke derselben fast nur längs getroffene Bündel mit quer getroffenen in regelmässiger Folge alterniren sieht. Nun darf man sich allerdings den lamellösen Bau der Hornhaut nicht so vorstellen, als ob

man es durchwegs mit concentrisch geschichteten, scharf geschiedenen Lamellen zu thun hätte. Es kommt vielmehr recht häufig vor, dass einzelne Bindegewebsbündel sich von einer Lamelle abzweigen, um sich einer anderen anzuschliessen, dass die typische Folge der Lamellen durch zwischenlaufende, schief zur Dicke der Hornhaut gelagerte Bindegewebszüge unterbrochen erscheint, oder dass eine ganze Anzahl von Lamellen von vereinzelten Fibrillenbündeln in schiefer Richtung durchzogen wird. Namentlich sind es die vordersten Schichten der Substantia propria, welche durch eine grosse Anzahl schief gegen das Epithel aufsteigender Fibrillenbündel sich auszeichnen.

Elastische Fasern kommen nur in sehr geringer Zahl, und zwar ausschliesslich in den peripheren Bezirken der Hornhaut, wohin sie sich mit den Bindegewebsbündeln aus der Sklera hereinziehen, zur Beobachtung. Gegen die Mitte hin fehlen sie vollständig.

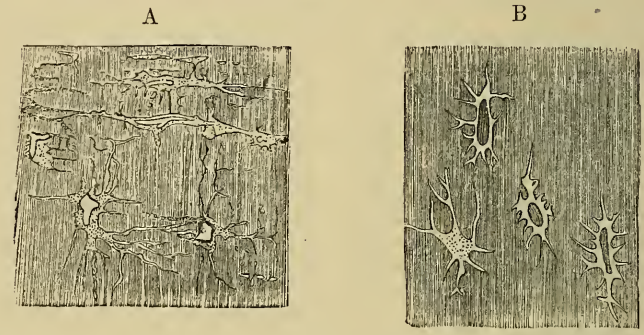
Der gegenseitige Zusammenhang der faserigen Elemente des Hornhautbindegewebes wird durch eine weiche, formlose Zwischensubstanz vermittelt, welche sowohl zwischen den Fibrillen und Fibrillenbündeln, als auch zwischen den Lamellen sich allenthalben ausbreitet. Nach *Waldeyer* erscheint sie im frischen Zustande, mit Hülfe der feuchten Kammer untersucht, als eine mattglänzende, äusserst feinkörnige Masse. In ihr sind nun jene vielfach verzweigten Räume eingegraben, welche bereits an einer früheren Stelle als Saftlücken und Saftkanälchen (S. 363) besprochen worden sind. Sie sind in der Hornhaut, entsprechend der regulären Fügung der Bindegewebsbündel und der davon abhängigen, gleichmässigen Vertheilung der formlosen Zwischensubstanz viel schöner ausgeprägt und regelmässiger angeordnet, als in den meisten anderen bindegewebigen Formationen des Körpers.

Die *Saftlücken*, d. h. die zahlreichen, umschriebenen Erweiterungen dieses netzartig ausgebreiteten Kanalsystems sind linsenförmig abgeplattete, etwas in die Länge gezogene Räume, welche vorzüglich in den Interstitien zwischen den Gewebs-Lamellen eingelagert sind und demnach nur bei der Flächenansicht der Hornhaut sich mit ihren breiten Seiten präsentiren, während sie an senkrechten Durchschnitten stets annähernd spindelförmig erscheinen. Sie schicken ihre schmalen, verästigten Ausläufer (die *Saftkanälchen*) nach allen Richtungen zwischen den Lamellen und Bündeln der Hornhautsubstanz aus, und stehen vermittelst derselben allenthalben in Zusammenhang. Gegen den Rand der Hornhaut zu und in den hinteren Schichten derselben sind sie gewöhnlich grösser und deutlicher ausgeprägt als im Centrum; am kleinsten und am unregelmässigsten sind sie stets in den vordersten Schichten.

Ihr Nachweis gelingt nicht nur mittelst der Silber- oder Chlorgold-Imprägnation (Fig. 170), oder durch vorsichtige Injection des Gewebes mit farbigen

Flüssigkeiten, sondern in vorzüglicher Weise auch bei Untersuchung des völlig frischen Gewebes mit Hülfe der feuchten Kammer. Es ist dabei zu bemerken, dass das dem eben getödteten Thiere entnommene, unter Zusatz von Humor aqueus untersuchte Gewebe der Hornhaut anfangs ganz homogen und gleichmässig durchsichtig erscheint, ohne irgend eine Andeutung der den geformten Elementen entsprechenden Contouren. Erst nach einiger Zeit treten, zuerst verschwommen, allmälig aber immer deutlicher sich hervorhebend, jene charakteristischen, zackigen Figuren auf, welche den Saftlücken entsprechen und nach Gestalt und Anordnung denjenigen gleichen, welche man mit Hülfe der Silberimprägnation erhält. Unter allen Umständen ist es geboten, ganz frische Objekte für die Untersuchung zu verwenden, da in späterer Zeit nach dem Tode, namentlich wenn der Bulbus seine natürliche Spannung verloren hat, die Saftlücken in ganz unregelmässigen, verzerrten Gestalten sich zeigen (Fig. 171).

Fig. 170.



A. Isolirte, dünne Lamelle der Hornhaut des Frosches von der Fläche her gesehen; in den verästigten Saftlücken sieht man die Zellen der Hornhaut. (Chlorgold-Präparat.)
B. Eine ebensolche Lamelle nach Behandlung mit Silbersalpeter. Die Kerne der Hornhautzellen sind durch Hämatoxylin gefärbt. (Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

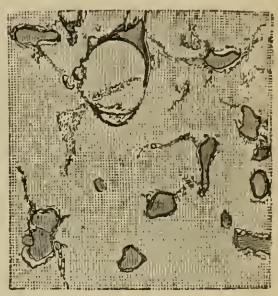
Als Inhalt der Saftlücken und Saftkanälchen sind neben dem Parenchymsafte die Hornhautzellen zu nennen, und zwar unterscheidet man dieselben als *fixe Hornhautzellen* und als *Wanderzellen*. Die ersteren sind flache, etwas in die Länge gestreckte Gebilde, deren Randparthieen leicht ausgezackt, ganz hell und homogen erscheinen, während die mittleren Theile mit reichlichen, feinen Körnchen besetzt sind; in dieser körnigen Masse ist auch der abgeflachte, eiförmige oder kreisrunde Kern gelegen. Die fixen Hornhautzellen haben constant in den Saftlücken ihren Sitz, füllen dieselben aber nicht vollkommen aus, und erstrecken sich, wie es scheint, nicht in die Saftkanälchen hinein. Man hat an ihnen unter verschiedenen Umständen active Bewegungserscheinungen wahrgenommen. Ihr Nachweis gelingt schon bei Untersuchung des frischen Gewebes, aber auch mit Hülfe anderer Methoden sehr leicht, insbesondere empfiehlt es sich, Silberpräparate nachträglich mit Hämatoxylin zu färben.

Die Wanderzellen finden sich in ziemlich beträchtlicher Zahl im

Hornhautgewebe zerstreut, wahrscheinlich aber stets nur innerhalb der präformirten Kanäle. Sie sind bei Untersuchung der frischen Hornhaut leicht an ihrem eigenthümlichen Glanz, an der groben Granulirung und endlich an ihren ausgiebigen Form- und Ortsveränderungen zu erkennen. Ihre Bedeutung ist bereits früher an mehreren Stellen erörtert worden.

Das *Hornhautepithel* entspricht vollständig dem Typus des geschichteten Pflasterepithels, doch ist die Zahl der Zellenlagen beim Menschen keine sehr grosse. Die Zellen der tiefsten Schichte, von cylinderähnlicher Form, zeichnen sich durch einen von ihrem Basalende nach der Seite zu abgehenden, flachen Fortsatz aus, welcher sich unter die Nachbarzelle einschiebt (*Fusszellen, Lott*). Ueber ihnen befindet sich eine zwei- oder dreifache Lage rundlicher oder bereits abgeflachter Zellen; sie besitzen eine leicht gezähnelte oder gerippte Oberfläche und ausserdem verschiedene unregelmässige Zacken, mittelst welcher die benachbarten Zellen in Verbindung treten. Nach vorne zu wird das Epithel durch einige Lagen ganz platter, durchsichtiger, kernhaltiger Zellen abgegrenzt. Von dem Seitenrande geht es ohne Unterbrechung in das Epithel der Conjunctiva bulbi über.

Fig. 171.



Eine dünne, isolirte Lamelle der Hornhaut des Menschen von der Fläche gesehen. Chlorgold-Präparat. (Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

Die *vordere Basalmembran* erscheint an senkrechten Durchschnitten als ein heller, homogener Streif, der zwar ganz scharf gegen das Epithel hin, nicht so deutlich aber gegen die Substantia propria sich abgrenzt. Es hat sich denn auch ergeben, dass dieser Streif keineswegs einer selbständigen Membran entspricht, welche sich etwa isolirt darstellen liesse; er ist vielmehr der Ausdruck einer verdichteten Grenzschichte der Substantia propria und daher eigentlich noch dieser angehörig. Das wird am besten dadurch erwiesen, dass man nach Maceration der Hornhaut, und an den Randparthieen derselben auch ohne Weiteres, diese sogen. Basalmembran in fibrilläre Elemente zerlegen und die Continuität der letzteren mit denen der Substantia propria beobachten kann.

Die hintere Basalmembran oder *Descemet'sche Membran* wird gewöhnlich in die Reihe der Glashäute gestellt. Sie lässt sich leicht von der Substantia propria loslösen und erscheint dann als eine ziemlich dicke, homogene, glänzende, durchsichtige Haut, welche nach Art der elastischen Häute eine grosse Neigung zeigt, sich mit ihren Rändern umzukrämpen oder förmlich einzurollen. An Querschnitten erscheint

sie als ein scharf begrenzter, glänzender, homogener Streifen. Die Angaben, nach welchen durch besondere Behandlungsmethoden eine blättrige oder faserige Structur der *Descemet'schen* Haut erweislich wird, bedürfen noch genauerer Prüfung. Sicher ist jedoch, dass bei erwachsenen Personen in ihren peripheren Parthieen sich stets in grosser Zahl flach rundliche, warzenartige Erhebungen zeigen, welche mitunter zu ziemlich regelmässigen Reihen geordnet sind. In der Nähe des Cornealfalzes schärft sich die *Descemet'sche* Haut auffallend zu und löst sich dann in eigenthümliche, starre Fasern auf, welche zur Bildung des sogen. *Ligamentum pectinatum* beitragen und sich continuirlich auf die Vorderfläche der Regenbogenhaut herüberschlagen.

Das Endothel der Hornhaut besteht aus einer einschichtigen Lage abgeplatteter, regelmässig polygonaler Zellen mit flachrundlichen Kernen. Es ruht unmittelbar der *Descemet'schen* Haut auf, überkleidet auch die aus derselben an der Peripherie hervorgehenden Fasern und geht mit diesen in die zellige Bekleidung der Vorderfläche der Iris über.

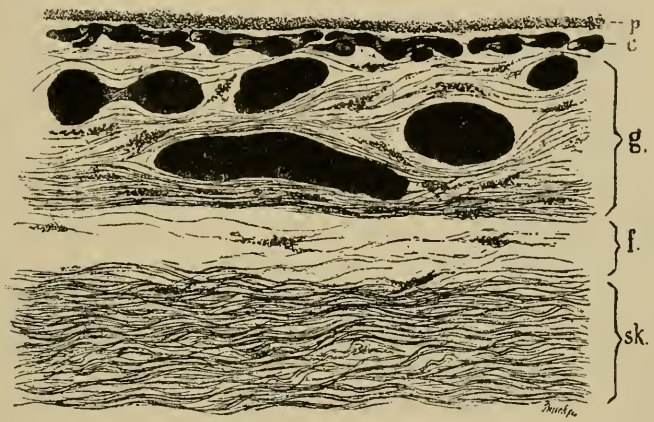
Die Aderhaut (Choroidea) ist, wie ihr Name andeutet, die Trägerin einer reichen Gefässausbreitung; sie erlangt aber noch erhöhte Bedeutung dadurch, dass mit ihr jene Muskulatur verknüpft ist, welche die Accomodationseinrichtungen des Auges beherrscht. Sie zerfällt in drei wesentlich von einander verschiedene Abschnitte; der hinterste ist vollständig glatt und reicht genau bis an die Ora serrata, der vorderste ist durch zahlreiche meridionale Faltungen ausgezeichnet und unter dem Namen des *Corpus ciliare* bekannt; der dritte Abschnitt begreift eine schmale, mehr glatte Zone in sich, welche zwischen den beiden genannten gelegen ist und als *Orbiculus ciliaris* (*Henle*) bezeichnet wird.

Der hintere Abschnitt der Aderhaut ist besonders charakterisirt durch ein der Fläche nach ausgebreitetes Capillarsystem, welches wegen der relativen Weite seiner Röhrchen und der Kleinheit der zwischen ihnen bleibenden Maschenräume wohl als das dichteste des ganzen Körpers bezeichnet werden kann. Es bildet eine unter dem Namen der *Membrana chorio-capillaris* bekannte, besondere Schichte der Aderhaut, während die Ramifikationen der *arteriellen und venösen Gefässchen* ein zweites, nach aussen von der ersteren gelegenes Stratum einnehmen. Als besondere Schichten werden hiezu noch gerechnet: eine *Glashaut,* welche, nach einwärts von der Choriocapillaris gelegen, die Innenfläche der Aderhaut abschliesst, und die *Lamina suprachoroidea*, jenes bereits oben erwähnte Gewebe, welches die Aussenfläche der Aderhaut mit der Sklera verbindet. Die Elemente der letzteren Schichte ziehen sich allenthalben in die Gefässschichte der Aderhaut hinein und stellen das

Stroma derselben her. Da die Anordnung der Blutgefässe weiter unten besprochen werden soll, so bleibt hier nur das Nöthige in Betreff der anderen Bestandtheile der Aderhaut mitzutheilen.

Die Glashaut (nach ihrem Entdecker auch *Bruch'sche Membran* genannt) lässt sich bei vorsichtigem Zerzupfen gut erhärteter Objekte in kleinen Fragmenten isolirt erhalten. Sie wird gewöhnlich als eine äusserst zarte, structurlose oder feinstreifige Membran beschrieben; doch ist es vor einiger Zeit *H. Sattler* gelungen, an ihr eine ganz eigenthümliche Structur nachzuweisen. Es zeigt sich nemlich bei sehr starken Vergrösserungen, dass die ganze Membran von einem ungemein feinen Gitterwerk blasser, verzweigter Linien durchsetzt ist, welche viereckige

Fig. 172.



Aequatorialer Durchschnitt durch die Choroidea und den angrenzenden Theil der Sklera; von einem 2jährigen Knaben. Blutgefässe mit Berlinerblau injicirt. (Hartnack, Syst. VII, Ocul. 3.)

p. Pigmentepithel der Retina, c. Chorioeapillaris (zwischen p und c die Glashaut), g. äussere Gefässschichte f. Zwischengewebe zwischen Choroidea und Sklera, d. h. Membrana suprachoroidea und Lamina fusca sklerae. sk. Sklera.

oder polygonale, homogene Felder zwischen sich fassen. Während dieses Structurverhältniss sowohl beim Kinde als auch beim Erwachsenen regelmässig vorhanden ist, treten als senile Veränderung der Glashaut gewöhnlich kleinere und grössere, flachkugelige oder warzenartige Erhabenheiten auf (*Wedl*).

Nach aussen von der Glashaut folgt unmittelbar die *Choriocapillaris*, welche ausser dem dichten Netzwerk der Capillargefässe keine geformten Elemente enthält; die kleinen Maschenräume, welche die ersteren einschliessen, enthalten nur eine homogene, wahrscheinlich flüssige Substanz. Das Auftreten von Lymphkörperchen ähnlichen Zellen (Wanderzellen) in der Choriocapillaris, welches nicht selten beobachtet wird, glaubt *Sattler* auf irritative Zustände der Choroidea zurückführen zu können.

In der *äusseren Gefässschichte* der Choroidea tritt nun zwischen den Verzweigungen der arteriellen und venösen Gefässchen das *Stroma* hervor. Seine Elemente sind vorwiegend dieselben, welche die Lamina fusca sklerae zusammensetzen: feinste, elastische Fasernetze mit vielgestaltigen, zumeist aber sternförmigen Pigmentzellen und mehr vereinzelten Zellen von dem Charakter der Wanderzellen. Sie füllen die Räume, welche zwischen den Gefässverzweigungen übrig bleiben, allenthalben aus. Fibrilläres Bindegewebe kommt nur in Gestalt von Gefässscheiden in der nächsten Umgebung der grösseren Arterienstämmchen vor. Nach einwärts, gegen die Choriocapillaris zu, schliesst sich das Stroma in Gestalt eines continuirlichen, ungemein zarten und dichten elastischen Fasernetzes, welches keine Pigmentzellen mehr enthält, ab, ohne in die Maschenräume des Capillarnetzes selbst einzudringen. Dasselbe erlangt dadurch eine besondere Bedeutung, dass in ihm die feinsten Ausläufer der Arterien und die Wurzeln der Venen gelegen sind. Nach *Sattler*, welcher diese, meinen eigenen Erfahrungen zufolge, ganz zutreffende Anordnung des Stroma zuerst nachgewiesen hat, soll dieses feine Fasernetz sowohl von der Choriocapillaris, als auch von der nach aussen gelegenen Schichte der gröberen Gefässramifikationen durch zarte Endothelhäutchen abgegrenzt sein.

Es ist nun noch hervorzuheben, dass die Verzweigungen der Arterien in dem ganzen hinteren Abschnitt der Choroidea durch Züge von glatten Muskelfasern, welche bald reichlicher, bald spärlicher gefunden werden, begleitet sind (*H. Müller*).

In Betreff der *Membrana suprachoroidea* ist zu bemerken, dass die Elemente derselben zu dünnen Lamellen geordnet sind, welche man durch vorsichtige Präparation mitunter in mehreren Schichten abheben kann.

An der Ora serrata schliesst das charakteristische Capillarsystem der Choroidea vollständig ab, und es erhält der angrenzende *Orbiculus ciliaris* dadurch, sowie auch in Folge einer abweichenden Disposition der gröberen Gefässchen, ein wesentlich verändertes Gepräge. In Betreff des feineren Baues ergeben sich hier mehrfache Abweichungen von den bisher geschilderten Verhältnissen. Die Glashaut nimmt an Dicke zu und zeigt, nachdem sie von der Ora serrata an noch eine kurze Strecke weit glatt verlaufen ist, eine ganz eigenthümliche Gestaltung der Oberfläche, welche von *H. Müller* unter der Bezeichnung: *Reticulum der Glashaut* beschrieben worden ist. Dieselbe wird hervorgerufen durch zahlreiche, steile, theils in meridionaler, theils in äquatorialer oder schiefer Richtung verlaufende Fältchen der Glashaut, welche, indem sie unter einander zusammenfliessen, eine grosse Anzahl von grubigen Vertiefungen zwischen sich fassen. Die letzteren werden

zum grössten Theile durch die Pigmentschichte der Pars ciliaris retinae ausgefüllt und sind anfangs ziemlich weit, annähernd rechteckig, während sie sich nach vorne zu allmälig verkleinern, aber dafür auch zahlreicher werden und eine mehr polygonale Gestalt annehmen. Das Stroma zeigt sich in dem Bereiche des Orbiculus ciliaris vielfach mit feinfaserigem, fibrillärem Bindegewebe durchsetzt, und zwar zieht sich dieses mit den feinen elastischen Fasernetzen allenthalben auch in die Falten der Glashaut hinein. Die Suprachoroidea zeigt auch hier dieselben Elemente, wie in dem hinteren Abschnitte der Choroidea, auch eine ähnliche lamellöse Schichtung; doch ist sie durch reichliche, netzartige Ausbreitungen feiner Nervenstämmchen und durch das Vorkommen grösserer Mengen von meridional gerichteten Bündeln glatter Muskelfasern ausgezeichnet.

Fig. 173.

Meridionalschnitt durch die Häute des menschlichen Augapfels in dessen vorderem Abschnitte. (Chromsäure-Präparat.)

C. Hornhaut, J. Regenbogenhaut, B. Bindehaut, K. *Schlemm'scher* Kanal, L. Ligamentum pectinatum, T. Musculus ciliaris, Cc. Corpus ciliare, Ch. Choroidea, S. Sklera. (Hartnack, Object. II, Ocul. 2.)

Das *Corpus ciliare* erhält seine charakteristische Gestaltung dadurch, dass die Choroidea in ihrer vordersten Zone eine grosse Anzahl nach einwärts vorspringender, meridional gerichteter, steiler Kämme oder Leisten aufwirft, welche kranzartig den Aequator der Linse umfassen. Es gibt deren kleinere (*Plicae ciliares*) und grössere (*Processus ciliares*); die letzteren sind nach *Merkel* beim Menschen ziemlich regelmässig 70 an Zahl, während die ersteren spärlicher und weniger constant zwischen ihnen vertheilt sind. Die innere Oberfläche dieser Falten ist von dem Ciliartheile der Retina, zu welchem auch die starke Pigmentlage zu rechnen ist, überzogen.

Den wichtigsten histologischen Bestandtheil des Corpus ciliare bildet eine compacte Masse von glatter Muskulatur, welche unter dem Namen des *Musculus ciliaris* (*Tensor choroideae, Brücke*) bekannt ist. In seiner Gesammtheit stellt derselbe einen flachen Ring

von etwa 3 Mm. Breite dar, dessen meridionale Durchschnittsfläche annähernd ein langgezogenes gleichschenkliges Dreieck bildet, die kurze Basis gegen die Iris hin, die Spitze gegen den Orbiculus ciliaris gewendet (Fig. 173). Nach der Verlaufsrichtung der Fasern pflegt man an dem Musculus ciliaris drei Abtheilungen zu unterscheiden: eine meridionale, eine circuläre (äquatoriale) und eine radiale.

Die *meridionale* Abtheilung ist am meisten nach der äusseren Oberfläche zu gelegen; sie nimmt ihren Ausgangspunkt von dem Ligamentum pectinatum und von der nächsten Umgebung des *Schlemm'schen* Kanales und reicht mit ihren platten Bündeln nach rückwärts bis in den Orbiculus ciliaris hinein. In den vorderen Parthieen sind die Muskelbündel ziemlich parallel gelagert und zu mehrfach über einander geschichteten Lamellen geordnet, jedoch hängen sie durch gegenseitigen Austausch von Fasern allenthalben zusammen. Nach rückwärts hin verflechten sich die Muskelfaserbündel immer mehr, so dass sie schliesslich ein ganz dichtes Gitterwerk bilden, innerhalb dessen eine vorwiegende Verlaufsrichtung derselben nicht mehr zu erkennen ist. Der grössere Theil der Muskelfasern findet seine Haftpunkte noch im Bereiche des Corpus ciliare, an den elastischen Elementen des Stromas; ein anderer Theil hängt jedoch mit denjenigen Muskelfaserzügen zusammen, welche in dem vordersten Theile des Orbiculus ciliaris einen äquatorialen Verlauf nehmen, während noch andere sich in die dünnen Muskelstreifen fortsetzen, welche in dem hinteren Abschnitte der Choroidea die Arterien-Ramifikationen begleiten. Dieser meridionale Antheil des Musculus ciliaris ist es, der zuerst von *Brücke* entdeckt und, seiner Zugrichtung entsprechend, als Tensor choroideae bezeichnet worden ist.

Der *circuläre* (*äquatoriale*) Antheil des Muskels führt nach seinem Entdecker auch den Namen *Müller'scher Ringmuskel*. Er besteht aus einer Anzahl rundlicher, häufig unter einander anastomosirender Bündel, welche entlang dem Ciliarrande der Regenbogenhaut verlaufen und daher an meridionalen Durchschnitten quer getroffen werden. Sie nehmen immer die vordere, der Iris und der Linse zugewendete Region des Ciliarmuskels ein.

Zwischen ihnen und den meridionalen Faserzügen und zum Theil noch von circulären Bündeln durchsetzt, findet sich der *radiale* Antheil des Ciliarmuskels; er zeigt eine ähnliche, lamellöse Anordnung wie der meridionale Theil und schliesst sich auch demselben unmittelbar an; seine Faserzüge sind jedoch viel kürzer und annähernd radiär zum Mittelpunkte des Bulbus gestellt.

In Betreff der relativen Mächtigkeit der drei Antheile des Ciliarmuskels gibt es zahlreiche, individuelle Varianten.

Die zwischen den Muskelbündeln übrig bleibenden Räume werden von fibrillärem Bindegewebe und reichlichen elastischen Fasernetzen durchzogen und enthalten ausserdem zahlreiche Gefäss- und Nervenausbreitungen. Pigmentzellen sind in ihnen gar nicht vorhanden. Die äussere Oberfläche des Muskels ist von der Suprachoroidea bedeckt, welche jedoch nur mehr eine geringe Mächtigkeit besitzt und die gröberen Verzweigungen der Arteriae ciliares longae und ciliares anteriores in sich schliesst.

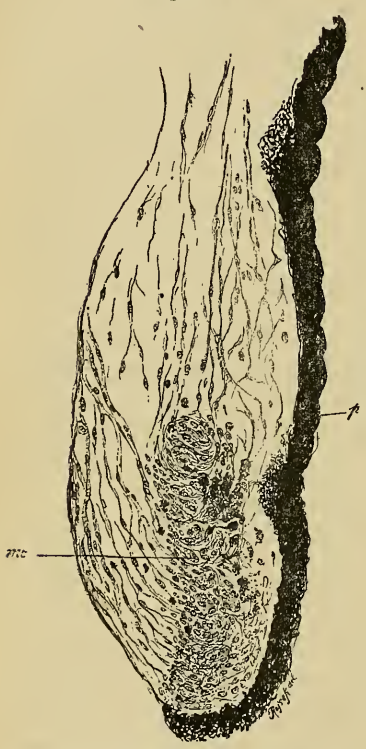
Die Regenbogenhaut (Iris). Sie zerfällt zunächst, der Dicke nach, in zwei Abtheilungen, von welchen die hintere, eine starke *Pigmentlage*, genetisch der Netzhaut angehört, so dass eigentlich nur die *vordere*, gefässhaltige Abtheilung (*Faserlage der Iris*), welche sich aus der Aderhaut herausbildet, der mittleren Augenhaut zugerechnet werden kann. Die Faserlage besteht aus einem bindegewebigen Stroma, welches allenthalben reichliche Blutgefässe und an bestimmten Stellen die die Pupille beherrschenden Muskeln eingelagert enthält. Das Gefüge des Stromas ist im Allgemeinen ein sehr lockeres, doch verdichtet es sich vorne und rückwärts zu zwei etwas festeren Begrenzungslamellen. So entstehen an der Faserlage der Iris drei Schichten, welche überdies noch durch die Vertheilung der Blutgefässe schärfer hervorgehoben werden, indem die lockere mittlere Schichte grösstentheils nur stärkere, radiär verlaufende Gefässe, die beiden Begrenzungslamellen aber capillare Ausbreitungen derselben enthalten.

Die *vordere Begrenzungslamelle* (*Zinn'sche Membran* oder *Wasserhaut der Iris*) besteht aus feinen, netzförmig durchflochtenen Bindegewebsbündeln mit zahlreichen, zwischengelagerten, zelligen Elementen. Die letzteren sind zumeist mit längeren oder kürzeren Ausläufern versehen und in verschiedenem Grade mit Pigment durchsetzt. Die freie, gegen die vordere Augenkammer gerichtete Fläche dieser Lamelle trägt bei Kindern eine einschichtige Lage von platten, polygonalen Endothelzellen, welche sich als die direkte Fortsetzung des Endothels der Hornhaut erweist; an erwachsenen Personen ist sie nicht mehr deutlich nachweisbar.

Die *mittlere Schichte* der Iris (*die Gefässschichte*) ist durch zahlreiche, radiär verlaufende Blutgefässe ausgezeichnet: das lockere, an geformten Elementen verhältnissmässig arme Stroma zeigt spärliche, zumeist radiär verlaufende Bindegewebsbündel, und zwischen diesen eine grössere Anzahl pigmentirter, mit langen, fadenförmigen Ausläufern versehener Zellen. Diese ziehen sich auch allenthalben in die hier aussergewöhnlich stark entwickelten Adventitien der Blutgefässe hinein.

Die Gefässschichte erhält ausserdem eine hervorragende Bedeutung durch die in ihr eingelagerten, muskulösen Elemente. Dieselben, aus glatten Fasern bestehend, bilden einmal in der Nähe des Pupillarrandes eine compacte Masse circulär geordneter Bündel (*Kreismuskel der Iris*, *Sphincter pupillae*), dann aber eine dünnere, nicht völlig geschlossene Lage radial gestellter, von dem Pupillarrande bis zum Ciliarrande der Iris sich erstreckender Fasern (*Radialmuskel der Iris*, *Dilatator pupillae*).

Fig. 174.



Meridionaler Durchschnitt durch die menschliche Iris. Carminfärbung. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)
mc. Kreismuskel, p. Pigmentlage.

Der Kreismuskel ist ein platter, 0.5—1 Mm. breiter Ring, der die innerste Zone der Iris einnimmt und aus ziemlich starken, netzförmig verflochtenen Faserbündeln hergestellt wird; er ist sowohl an Flächenpräparaten, als auch an Querdurchschnitten der Iris sehr leicht zu demonstriren. Viel schwieriger hält dies in Betreff des Radialmuskels, dessen thatsächliches Vorhandensein bis in die neueste Zeit herein noch immer bestritten worden ist (*Grünhagen*). Doch unterliegt es nach den eingehenden Untersuchungen *Merkel's*, *Iwanoff's* u. A. wohl keinem Zweifel mehr, dass die aus dem Irisgewebe isolirbaren, langgestreckten, radiären Fasern, mit ihren stäbchenförmigen, durch Hämatoxylin sich blau färbenden Kernen, als glatte Muskelfasern anzusehen sind. Sie erstrecken sich zum Theil in gerader Richtung bis unmittelbar an den Pupillarrand heran, zum Theil aber verflechten sie sich mit den Bündeln des Ringmuskels. An dem Ciliarrande der Iris biegen die radiären Muskelfasern bogenförmig um und stellen, indem sie sich dicht in einander verweben, einen kreisförmigen Muskelzug her, mit welchem sie ihren Abschluss finden (*Merkel*).

Die hintere Begrenzungslamelle ist eine glashelle, bruchstückweise isolirbare Membran, an deren Vorderfläche die Fasern des Radialmuskels dicht anliegen.

Die *Pigmentlage* der Iris, wie schon erwähnt, genetisch der Netzhaut angehörend, ist eine direkte Fortsetzung der den Ciliarkörper überziehenden Pigmentschichte. Sie wird aus Zellen zusammengesetzt,

über deren Grösse und Form man in situ keine bestimmten Aufschlüsse erhalten kann, da wegen der dichten Häufung der Pigmentkörnchen die Begrenzung der Zellen nicht erkennbar ist. Auch an Zupfpräparaten erhält man gewöhnlich nur verschieden gestaltete Rudimente derselben, daneben aber auch die freigewordenen, kugeligen, pigmentlosen Zellkerne.

Eine besondere Berücksichtigung verdienen das Verhalten der Iris an ihrem Ciliarrande und die Beziehungen desselben zu der äusseren Augenhaut.

Während die Regenbogenhaut mit ihrem Ciliarrande einerseits in die Choroidea übergeht, erhält sie andererseits eine Verbindung mit der äusseren Augenhaut durch Vermittlung des bereits mehrfach erwähnten *Ligamentum pectinatum*. Man versteht unter diesem Namen ein bei verschiedenen Individuen verschieden entwickeltes Netzwerk feinerer und gröberer, ziemlich starrer, durchsichtiger Fasern, welches den peripherstenTheil der vorderen Augenkammer, beziehungsweise die Nische zwischen der Hornhaut und dem peripheren Theile der Iris (*Iriswinkel, Waldeyer*) frei durchsetzt. Diese Fasern, ihren Eigenschaften nach der elastischen Substanz nahe stehend, setzen sich mit den verschiedensten, hier angrenzenden Theilen der äusseren und mittleren Augenhaut in unmittelbaren Zusammenhang. Zunächst treten Elemente der *Descemet'schen* Haut, deren peripherer Rand, wie bereits erwähnt, sich zu Fasern auflöst, in das Netzwerk des Ligamentum pectinatum ein, und ebenso Bindegewebsbündel aus der Substantia propria corneae. Ferner geht in dasselbe ein Theil der zwischen den Lamellen des Musculus ciliaris eingelagerten bindegewebigen und elastischen Fasern über, und endlich erhält es noch Zuzüge aus dem Gewebe der Regenbogenhaut. Diese letzteren, unter dem Namen *Irisfortsätze* bekannt, sind blattartige oder strangförmige, noch pigmenthaltige Abzweigungen des Irisstroma, welche vom Ciliarrande der Iris sich erheben und bogenförmig in das Ligamentum pectinatum übergehen. Sie sind in menschlichen Augen gewöhnlich nur wenig, und zwar nur als vereinzelte Stränge, entwickelt, bei manchen Thieren (Rind, Schwein) aber als zahlreiche, schmälere und breitere Blätter vorhanden, welche von der Vorderfläche der Iris zum Seitenrande der *Descemet'schen* Membran ausgespannt sind. Diese schliessen so in dem Iriswinkel einen Raum ab, welcher mit der Augenkammer communicirt und von einem pigmentlosen Balkennetz durchsetzt wird. Er wird als *Fontana'scher Raum* *)

*) In Betreff der Nomenclatur der in Rede stehenden Bildungen herrscht einige Verwirrung. Die Bezeichnung Ligamentum pectinatum iridis wurde zuerst (*Hueck*) auf die Summe der Irisfortsätze, gewissermassen auf die zackige Verbindung der Iris mit der Hornhaut, bezogen. *Rollett* und *Iwanoff* halten daran fest und

bezeichnet. Beim Menschen kann von einem solchen wohl nicht die Rede sein. Die Fasern des Ligamentum pectinatum erhalten eine weitere Bedeutung dadurch, dass sie die Wandung des *Schlemm'schen* Kanales mit bilden helfen (vergl. S. 624).

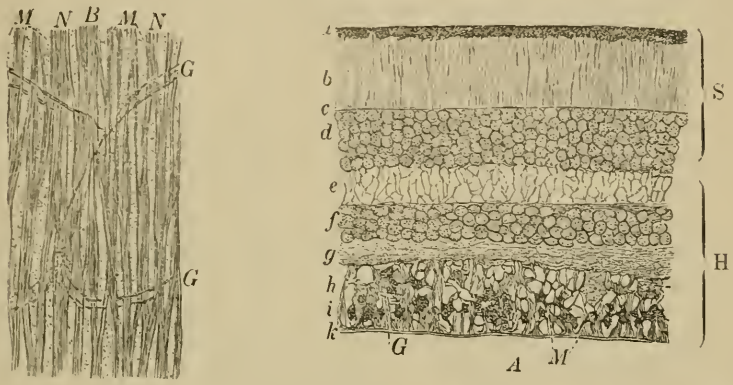
Die Netzhaut (Retina) ist die innerste von den drei Häuten des Augapfels und erstreckt sich von der Eintrittsstelle des Sehnerven nach vorne über das Corpus ciliare, und mit einem ihrer Bestandtheile auch noch über die hintere Fläche der Regenbogenhaut, bis an den Rand der Pupille; jedoch zeigt sie keineswegs in dieser ihrer ganzen Ausbreitung denselben Bau und dieselbe physiologische Bedeutung. Der wesentliche Charakter der Netzhaut beruht darin, dass sich in ihr die *Fasern des Sehnerven* ausbreiten und dass an diese eigenthümliche *nervöse Formationen* geknüpft sind, welche ihrerseits in einem specifischen *Neuroepithel* ihren Abschluss finden. Diese, für die Aufnahme und Leitung der adäquaten Reize bestimmten Formelemente werden von einem *bindegewebigen Gerüst* getragen und nach aussen gegen die Aderhaut durch eine Lage pigmenthaltiger Zellen (*Stratum pigmenti, Pigmentmembran — Henle*) abgegrenzt. Nun ergibt sich, dass die nervösen und epithelialen Elemente der Netzhaut nur über den hinteren Abschnitt derselben ausgebreitet sind und an der Ora serrata sich ganz scharf begrenzen. Es ist dies somit der lichtempfindende Theil der Netzhaut, oder die *Netzhaut im engeren Sinne.* Nach vorne von der Ora serrata setzen sich nur die Stützsubstanz und die Pigmentmembran der Netzhaut, beide in etwas modificirter Form, fort, und erhalten hier die Bezeichnung *Pars ciliaris retinae.* Endlich finden an dem peripheren Rande der Regenbogenhaut auch noch die Elemente der Stützsubstanz ihr Ende, und es geht allein die Pigmentmembran auf die hintere Fläche derselben über.

1) Die Netzhaut im engeren Sinne. Alle neueren Forschungen über die Histologie der Netzhaut fussen im Wesentlichen auf einer Reihe von epochemachenden Arbeiten *M. Schultze's*, welche auch der nachfolgenden Darstellung als Grundlage dienen sollen.

bezeichnen das pigmentlose Fasergewebe, welches in der Tiefe des Iriswinkels gelegen ist, als das Balkennetz des *Fontana'schen* Raumes. *Waldeyer* hält den Namen Ligamentum pectinatum für entbehrlich und bezeichnet das ganze Netzwerk als Balkengewebe des Iriswinkels. *Henle* ist, sowie *Schwalbe*, ebenfalls der Ansicht, dass dasselbe eine zusammengehörende Bildung darstelle, da, beim Menschen wenigstens, ein ganz allmäliger Uebergang der Irisfortsätze in die farblosen Balkennetze stattfindet. Beide Autoren finden es für zweckmässig, den Namen Ligamentum pectinatum für das ganze Fasernetz des Iriswinkels beizubehalten. Dem habe auch ich mich im Texte angeschlossen.

An der Netzhaut können, nach dem Vorgange von *Schwalbe*, abgesehen von dem Stratum pigmenti, zunächst zwei Lagen unterschieden werden, von welchen die *äussere* die Elemente des *Neuroepithels* in sich schliesst und gefässlos ist, die *innere* aber die Ausbreitungen der *Nervenfasern* und die an dieselben geknüpften *nervös-zelligen* Elemente enthält und von den Ramifikationen der Arteria centralis retinae durchzogen wird. Da die Elemente dieser letzteren Lage nach Form und Anordnung eine unverkennbare Aehnlichkeit mit gewissen Abschnitten des Gehirns zeigen, und da ausserdem sehr nahe, genetische Beziehungen der Netzhaut zu dem letzteren erwiesen sind, so

Fig. 175.



A Senkrechter Durchschnit durch die Netzhaut des Menschen (nach Härtung in *Müller'scher* Flüssigkeit und Alkohol; Carminfärbung). S Neuroepithelschichte, H Gehirnschichte.
a Pigmentschichte, b Stäbchenschichte, c Membrana limitans externa, d äussere Körnerschichte, e Zwischenkörnerschichte, f innere Körnerschichte, g moleculäre Schichte, h Ganglienzellenschichte, i Nervenfaserschichte, k Membrana limitans interna.
M *Müller'sche* Stützfasern, G Ganglienzellen.
B Die Nervenfaserschichte, isolirt von der Fläche her gesehen. (Präparat aus *Müller'scher* Flüssigkeit.)
N Nervenfaserbündel, M quer durchgerissene *Müller'sche* Stützfasern, G Blutgefässe.
(Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

hat *Schwalbe* für die innere Lage der Netzhaut die Bezeichnung *Gehirnschichte* eingeführt. In wesentlich übereinstimmender Weise hatte schon früher u. A. *Henle* eine äussere (musivische) und eine innere (nervöse) Schichte der Retina unterschieden (Fig. 175). Beide diese Gewebslagen der Retina zerfallen typisch wieder in mehrere Schichten, und zwar umfasst die *äussere Lage* (*Neuroepithelschichte*), von aussen nach innen gezählt:

die Stäbchenschichte (b),
die Membrana limitans externa (c) und die
äussere Körnerschichte (d).

Die *innere Lage* (*Gehirnschichte*) wird in derselben Reihenfolge gebildet durch:

die äussere granulirte Schichte oder Zwischenkörnerschichte (e),
die innere Körnerschichte (f),
die innere granulirte Schichte oder moleculäre Schichte (g),
die Ganglienzellenschichte (h),
die Nervenfaserschichte (i) und die
Membrana limitans interna oder Membrana limitans hyaloidea (k).

Zählt man dazu noch das der Stäbchenschichte unmittelbar anliegende Stratum pigmenti, so wird die Netzhaut ihrer Dicke nach im Ganzen aus 10, grösstentheils scharf abgegrenzten, aber nicht allenthalben vollzählig vorhandenen Schichten zusammengesetzt. Von diesen sind zwei, die Membrana limitans interna und externa, ausschliesslich dem Stützgerüste zuzurechnen, die übrigen, mit Ausnahme der Pigmentmembran, enthalten nervöse, beziehentlich epitheliale Elemente mit Bestandtheilen des Stützgerüstes vermengt. Die Eintrittsstelle des Sehnerven (*Papilla nervi optici*) bleibt von den epithelialen Elementen, sowie von den Ganglien- und Körnerformationen der Gehirnschichte vollkommen frei und bildet daher eine Unterbrechung der lichtempfindenden Fläche der Netzhaut.

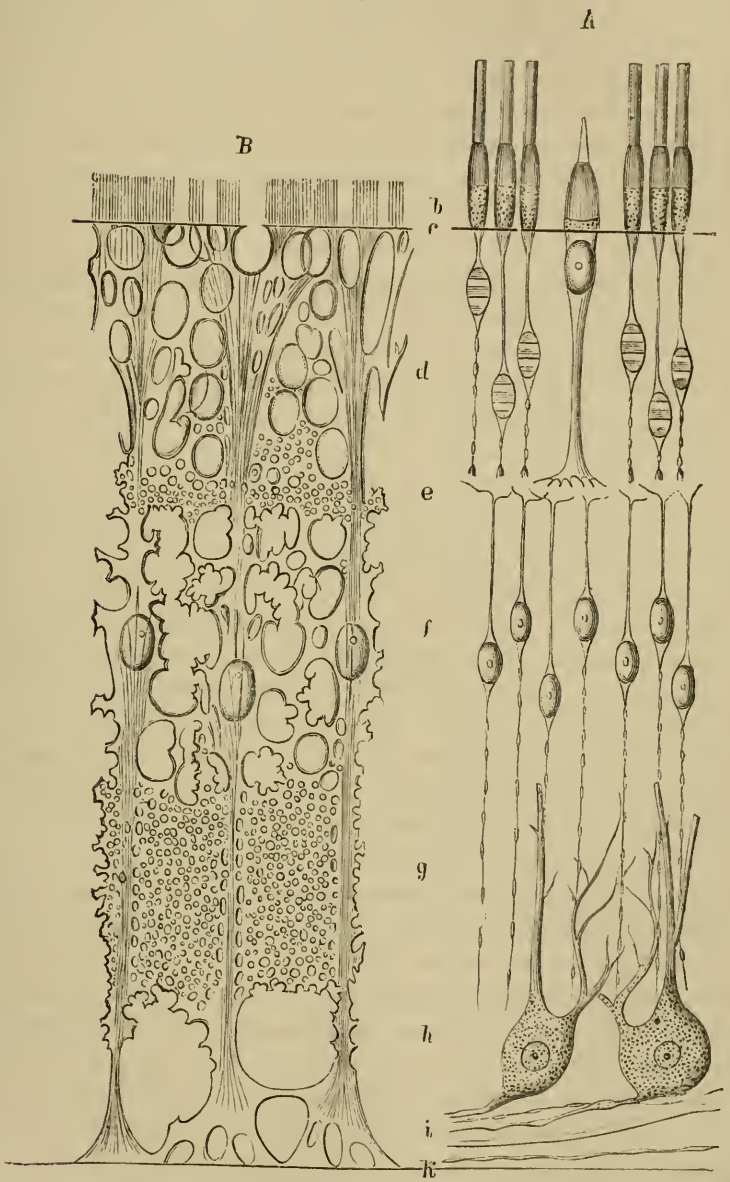
Es ist nun wohl im Auge zu behalten, dass das stützende Gerüst einen in sich zusammenhängenden, beinahe die ganze Dicke der Netzhaut durchsetzenden Bau herstellt, andererseits aber auch die nervösen und epithelialen Formationen von einer Schichte in die andere übergreifen. Aus diesem Grunde ist es nicht wohl thunlich, bei der Beschreibung der Netzhaut streng schichtenweise vorzugehen; es empfiehlt sich vielmehr, zunächst die nervösen Elemente der Gehirnschichte, dann die des Neuroepithels nach Beschaffenheit und Anordnung zu erörtern, hierauf den Aufbau der Pigmentmembran und des Stützgerüstes darzulegen.

Die nervösen Formationen der Gehirnschichte. Unter diesen kommt zunächst die Ausbreitung der *Fasern des Sehnerven* in Betracht. Sie strahlen von der Papilla nervi optici flächenartig nach allen Radien der Netzhaut aus und bilden den charakteristischen Bestandtheil der unmittelbar an die Limitans interna grenzenden Netzhautschichte. Die Nervenfasern selbst sind von verschiedener Breite und entbehren sowohl des Markes als auch der *Schwann'schen* Scheide. In einzelnen Ausnahmsfällen behält eine kleinere oder grössere Gruppe von Nervenfasern noch eine Strecke weit das Nervenmark bei, wodurch ein von der Sehnervenpapille ausgehender, weisser, undurchsichtiger Streif oder Fleck an der Netzhaut entsteht, welcher sich auch im Augenspiegelbilde auffallend kenntlich macht (*O. Becker, Dönitz*). Die Nervenfasern sind zu verschieden breiten, durch gegenseitigen Faseraustausch netzartig verflochtenen Bündeln geordnet, zwischen denen Elemente des Stützgerüstes (*Müller'sche* Stützfasern) hindurchziehen (Fig. 175 B).

Ueber den Verlauf der Nervenfaserbündel ist noch Folgendes an-

zuführen. Bei ihrem Abgang aus der Sehnervenpapille sind sie mehrfach über einander geschichtet, breiten sich aber bald zu einer dünnen Lage aus, welche, je weiter gegen die Ora serrata hin, um so dünner

Fig. 176.



A Schematische Darstellung der epithelialen und nervösen Elemente der Netzhaut nach *Schwalbe*. B Schematische Darstellung des Stützgerüstes der Netzhaut, sowie in A auf den senkrechten Durchschnitt bezogen. Nach *M. Schultze*.

Für beide Abbildungen gilt die Bezeichnung der Schichten nach den fortlaufenden Buchstaben, wie in Fig. 175.

wird. Die Verlaufsrichtung der Bündel geht im Allgemeinen radiär von der Sehnervenpapille aus; nur in dem lateralen Quadranten entsteht eine bedeutungsvolle Abweichung derselben, indem die Faserbündel hier in flachen, gegen einander geneigten Bögen die Gegend der Macula lutea umfangen und so nicht nur gerade von der Papille her, sondern auch von oben und unten allenthalben in die erstere eindringen. Dadurch kommt ein viel reicherer Zufluss von Nervenfasern zu der Macula lutea zu Stande, als an irgend einer anderen Netzhautstelle, während sie andererseits von über ihr wegziehenden Nervenbündeln völlig frei bleibt; in der Fovea centralis und deren nächster Umgebung kommt daher eine geschlossene Nervenfaserschichte überhaupt nicht vor.

Allenthalben verlassen einzelne Nervenfasern die ihnen eigenthümliche Schichte, indem sie in schiefer Richtung nach aussen in die *Ganglienzellenschichte* abbiegen. Die charakteristischen Elemente dieser letzteren sind multipolare, theils rundliche, theils abgeflachte, verschieden grosse Ganglienzellen, deren Zellkörper im frischen Zustande völlig homogen und durchsichtig, stets frei von Pigment erscheint. Von ihren Fortsätzen ist einer stets nach innen gewendet, unverästigt und durch einen eigenthümlichen Glanz ausgezeichnet. Es ist der Achsencylinderfortsatz, welcher direkt in eine Nervenfaser übergeht. Ausser ihm besitzt eine jede Ganglienzelle noch mehrere Protoplasmafortsätze, welche, nach aussen gerichtet, sofort in die moleculare Schichte übertreten, um sich theils in derselben in zahlreiche, feinste Zweigchen aufzulösen, theils aber weiter in die innere Körnerschichte überzugehen. Die Anzahl der Ganglienzellen wechselt sehr nach den verschiedenen Bezirken der Netzhaut. Im Hintergrunde des Auges sind sie ziemlich zahlreich und stellen, zu zwei oder drei über einander gelagert, eine scharf ausgeprägte Schichte her. Nach den Seiten hin bilden sie nur mehr eine einfache Lage und treten, je näher der Ora serrata, desto spärlicher auf, so dass in dem vorderen Abschnitte der Netzhaut eine selbständige Ganglienzellenschichte nicht mehr besteht. Es kommen hier die vereinzelten Ganglienzellen in die Lücken der Nervenfaserschichte, ganz nahe der Limitans interna zu liegen. Durch eine sehr beträchtliche Anhäufung von zumeist kleinen Ganglienzellen ist die Macula lutea ausgezeichnet.

Die nervösen Elemente der *moleculären Schichte* werden durch die bereits erwähnten, verästigten Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen und ausserdem durch die feinen varicösen Ausläufer der gleich zu beschreibenden Körnerzellen repräsentirt. Ueber das Detail ihrer Anordnung, namentlich über einen etwaigen Zusammenhang der beiderlei Elemente konnte bis jetzt noch nichts Sicheres ermittelt werden, da die

Verfolgung derselben in dieser Schichte wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit der Stützsubstanz auf unüberwindliche Schwierigkeiten stösst.

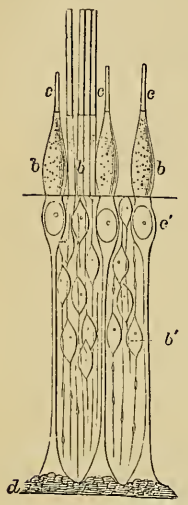
Als nervöse Elemente der *inneren Körnerschichte* sind die sogen. *Körnerzellen* anzusehen. Es sind dies langgestreckte, fadenförmige, sehr vergängliche Gebilde, welche an einer Stelle in Folge der Einlagerung eines kugeligen oder ellipsoidischen, homogenen Kernes eine erhebliche Verbreiterung besitzen und dadurch die Gestalt einer mit zwei Fortsätzen versehenen Zelle annehmen. Beide Fortsätze sind ganz gerade gestreckt und verlaufen in entgegengesetzter Richtung. Der eine ist nach innen gewendet, ausserordentlich zart, ungetheilt (*Schwalbe*) und meist von Strecke zu Strecke mit kleinen varicösen Anschwellungen versehen; er lässt sich in die moleculäre Schichte hinein verfolgen, ohne dass jedoch über seine weiteren Schicksale etwas bekannt wäre. Der nach aussen gerichtete Fortsatz ist etwas stärker, und gewöhnlich ganz glatt; er zerspaltet sich an der Grenze der Zwischenkörnerschichte gabelig in zwei Fortsätze, welche dann in die genannte Schichte übergehen. Die Körnerzellen werden als bipolare Ganglienzellen mit sehr reducirtem Zellkörper betrachtet, da sie sich namentlich gegen Färbemittel ähnlich wie diese verhalten. Ihre Kerne dürfen nicht verwechselt werden mit anderen ellipsoidischen Kernen, welche ebenfalls in dieser Schichte vorkommen, aber dem stützenden Gerüste angehören. Beiderlei Gebilde wurden, bevor man ihre Bedeutung erkannt hatte, ohne Unterschied als „innere Körner“ bezeichnet.

In der *äusseren granulirten Schichte* (*Zwischenkörnerschichte*) ist das Verhalten der nervösen Elemente ebensowenig erforscht, wie in der moleculären Schichte. Am wahrscheinlichsten ist noch immer die Annahme *M. Schultze's*, dass die in sie hineindringenden Ausläufer der Körnerzellen ein der Fläche nach ausgebreitetes Netzwerk bilden, welches dem der grauen Gehirnsubstanz analog wäre. Sicher scheint nur soviel, dass die Zwischenkörnerschichte der grösseren Masse nach durch Elemente des Stützgerüstes gebildet wird, und dass auch die in ihr vereinzelt eingestreuten, kernartigen Gebilde diesem letzteren angehören.

Die Formationen des Neuroepithels. Das Neuroepithel der Retina wird aus langgestreckten, dicht an einander gereihten, äusserst complicirt gebauten Gebilden zusammengesetzt, deren jedes als eine eigenartig modificirte Epithelzelle (Sinneszelle) angesehen werden kann. Man unterscheidet an einem jeden derselben zwei Abschnitte: der eine davon ist aussen von der Membrana limitans externa gelegen und stösst daher an die Pigmentmembran; er zeigt die Gestalt eines schmalen Cylinders, oder eines Kegels und wird darnach als *Stäbchen* oder als *Zapfen* bezeichnet. Der zweite Abschnitt liegt innen von der

Membrana limitans externa und stellt einen langen, fadenartigen, mit einer kernhaltigen Anschwellung versehenen Anhang des äusseren Abschnittes dar; er führt den Namen *Stäbchenfaser* beziehungsweise *Zapfenfaser*, und demgemäss wird auch der eingeschlossene Kern als *Stäbchenkorn* oder als *Zapfenkorn* benannt. Ein jedes dieser Epithelialgebilde durchbricht somit die Membrana limitans externa an der Grenze seiner beiden Abschnitte, und es stellen die dicht an einander gedrängten Stäbchen und Zapfen für sich die Stäbchenschichte her, während die Stäbchen- und Zapfenfasern mit ihren Körnern die wesentlichen Bestandtheile der äusseren Körnerschichte ausmachen.

Fig. 177.



Elemente des Neuroepithels aus der menschlichen Netzhaut, im Umkreise des gelben Fleckes.

b Innenglieder, c Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen.

b' Stäbchenkorn, c' Zapfenkorn.

Bei d Eintritt der Stäbchen- und Zapfenfasern in die Zwischenkörnerschichte. Der Zwischenraum zwischen b' und d entspricht der äusseren Faserschichte *Henle's*. Nach *M. Schultze*; (etwa 500fache Vergrösserung).

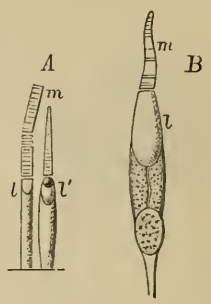
Stäbchen und *Zapfen* zeigen, dem Wesentlichen nach, übereinstimmende morphologische Verhältnisse; selbst die im Allgemeinen hervortretenden Unterschiede in der äusseren Gestalt und in den Dimensionen erscheinen durch gewisse Uebergangsformen mehr oder weniger ausgeglichen.

Die *Stäbchen* (*Bacilli*) sind beim Menschen dünne Cylinder von 40—50 μ Länge und 1·5—2 μ durchschnittlicher Breite. Etwa in ihrer Mitte nimmt man eine zarte, quere Linie wahr, durch welche sie in zwei, nach mancher Richtung differente Abschnitte — das *Innenglied* (Fig. 177 b) und das *Aussenglied* (c) — getheilt werden. Das erstere ist um etwas weniges breiter, zart contourirt, blass und äusserst fein granulirt; durch Carmin kann es sehr leicht, hingegen durch Ueberosmiumsäure nicht gefärbt werden. Das Aussenglied besitzt einen stärkeren, fettähnlichen Glanz, daher auch dunklere Contouren, und erscheint im frischen Zustande gewöhnlich völlig hyalin; es färbt sich mit Carmin nicht, hingegen wird es nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure tief schwarz. Bald nach dem Absterben, noch viel rascher aber nach Zusatz von Wasser, zeigen sich an den Aussengliedern die mannigfachsten Verkrümmungen und Biegungen, während sich die Substanz derselben der Quere nach zerklüftet und endlich in eine grosse Anzahl von dünnen Plättchen zerfällt (Fig. 178 A). Dieses constant auftretende Phänomen findet, wie *M. Schultze* nachgewiesen hat, seinen Grund darin, dass die Aussenglieder in der That aus einer Reihe über einander geschichteter Plättchen aufgebaut sind. Dieses Structurverhältniss gibt sich mit Hülfe sehr starker Vergrösserungen an den grossen Stäbchen des Frosches im frischen

Zustande leicht durch eine zarte Querstreifung zu erkennen; aber auch an den Stäbchen des Menschen ist es durch Behandlung mit Ueberosmiumsäure erweislich.

Die Zapfen (*Coni*) sind im Allgemeinen kürzer, als die Stäbchen (32—36 μ lang), von flaschenähnlicher Gestalt, und lassen noch deutlicher das Aussenglied (*Zapfenstäbchen*) von dem Innenglied (*Zapfenkörper*) unterscheiden. Das letztere besitzt nemlich die Form eines langgezogenen, etwas ausgebauchten Kegels, dessen Basis auf der Membrana limitans externa aufruht. Die Breite desselben an der Basis beträgt im Mittel 6—7 μ. Das Aussenglied setzt sich von ihm scharf ab und zeigt ebenfalls eine Andeutung der conischen Form, da es nach aussen hin mit einer feinen Spitze versehen ist. In ihren übrigen Charakteren gleichen Aussenglied und Innenglied ganz den entsprechenden Theilen der Stäbchen, nur erfolgen die postmortalen Veränderungen noch viel rascher, als an den letzteren.

Fig. 178.



A. Zapfen und Stäbchen von Falco buteo, beide mit dem linsenförmigen Körper (l-l') versehen; m Aussenglied, theilweise in Querblättchen zerfallen.

B. Zapfen von einem Affen, nach Maceration in verdünnter Salpetersäure. In dem Innengliede hat sich eine glänzende äussere Abtheilung, der linsenförmige Körper (l), von einer inneren, körnigen Abtheilung geschieden. Nach *M. Schultze*. 500-fache Vergrösserung. (In das Innenglied ist eine sogen. Axenfaser eingezeichnet worden, die sich vom linsenförmigen Körper bis in das Zapfenkorn erstreckt.)

Die Aussenglieder der Stäbchen, nicht aber die der Zapfen, sind der Sitz einer der Netzhaut während des Lebens eigenthümlichen, lebhaft rothen Färbung, welche durch ihren Entdecker *Boll* mit dem Namen *Sehroth* (*Sehpurpur*) bezeichnet worden ist. Dieselbe kann sowohl durch die ophthalmoskopische Untersuchung als wie an der frisch herauspräparirten Netzhaut constatirt werden. Durch Einwirkung diffusen Tageslichtes erblasst der Sehpurpur ziemlich rasch, er regenerirt sich aber im Dunkeln, sowohl am Lebenden, als auch an der frisch herausgenommenen Netzhaut, wenn sie wieder mit ihrer natürlichen Unterlage in Berührung gebracht wird (*Kühne*). Bei Natronlicht, sowie im Dunkeln, erhält sich der Sehpurpur tagelang, und selbst noch nach Eintritt der Fäulniss; auch zeigt er sich gegen chemische Einwirkungen ziemlich resistent. *Kühne*, welchem wir die Kenntniss dieser Thatsachen verdanken, ist es gelungen, den Farbstoff der Netzhaut durch Gallensäure in Lösung zu bringen und selbst in fester Form darzustellen.

Ausser den bisher genannten Eigenschaften der Stäbchen und Zapfen sind an denselben noch eine Reihe feinerer Structurverhältnisse beobachtet worden. Die Aussenglieder der Stäbchen erscheinen bei Untersuchung mit sehr starken Vergrösserungen von einer Anzahl paralleler, der Länge nach, oder eigentlich in langen Spiraltouren verlaufender Linien besetzt. Dieselben entsprechen, wie sich namentlich bei der Flächenansicht der aus ihnen isolirten Plättchen deutlich erkennen lässt, einer seichten Furchung (Canellirung) ihrer Oberfläche, deren Bedeutung sich aus den später zu erwähnenden Beziehungen der Pigmentmembran zu der Stäbchenschichte ergibt (S. 608).

Auch die Innenglieder der Stäbchen, und noch viel deutlicher die der Zapfen, erweisen nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure eine feine, der Länge nach

ziehende Streifung. Diese hat aber einen anderen Grund. Sie entspricht einer grossen Zahl feinster, glänzender, für sich isolirbarer Fäserchen, welche, in spitzen Winkeln durch einander geflochten, die äussere Hälfte des Zapfenkörpers einnehmen. Sie sind von *M. Schultze* unter der Bezeichnung *Fadenapparat* zuerst beschrieben worden und kommen dem Menschen und den meisten Säugethieren zu. Bei Vögeln, Amphibien, Reptilien und einzelnen Säugethierordnungen findet man anstatt dessen in der Substanz des Innengliedes einen ovalen oder ellipsoidischen Körper, der durch einen matten Glanz ausgezeichnet ist und durch Behandlung mit Osmiumsäure oder Jod besonders deutlich hervortritt. Er hat seinen Sitz stets an der Grenze des Aussengliedes und wendet diesem eine abgeplattete Fläche zu (Fig. 178). Diese Gebilde sind zuerst an den Zapfen der Vögel durch *Krause* entdeckt und als *Opticus-Ellipsoide* bezeichnet worden. Später hat sie *M. Schultze* bei den verschiedensten Wirbelthieren nachgewiesen und für sie den Namen *linsenförmige Körper* eingeführt. Auch beim Menschen sind sie gesehen worden. Stets sind sie in den Zapfen viel schärfer ausgeprägt und auch grösser, als in den Stäbchen. Ausserdem kommen in den Zapfen der Vögel, Reptilien und Amphibien fettartige, theils farblose, theils in verschiedenen Nüancen des Gelb und Roth gefärbte Kugeln vor. Sie sitzen ebenfalls an der äusseren Grenze des Innengliedes und nehmen die ganze Breite desselben ein (Fig. 178 A). An den Stäbchen kommen sie niemals vor.

Fig. 179.

Ansicht der Stäbchen und Zapfen von der Fläche; aus einem Flachschnitt durch die menschliche Retina. Härtung in *Müller'scher* Flüssigkeit. Carmintinction. (Hartnack, Syst. IX, Ocul. 3.)

Zu erwähnen ist noch, dass von mehreren Autoren in den Innengliedern der Zapfen (beim Menschen, bei Affen und Vögeln) ein central gelegener, bis an die Basis herab verlaufender, glänzender Faden beschrieben und als eine terminale Nervenfaser gedeutet worden ist (Fig. 178 B). Es ist jedoch die Existenz dieses unter dem Namen der *Axenfaser* bekannten Gebildes noch keineswegs sicher gestellt.

Die *Vertheilung* der Stäbchen und Zapfen über die verschiedenen Bezirke der Netzhaut ist eine ganz gesetzmässige. In dem mittleren Theile der Macula lutea kommen nur Zapfen vor, die Stäbchen fehlen gänzlich. Die ersteren sind, wie *M. Schultze* treffend sagt, in Bogenlinien gestellt, „welche in der Richtung gegen das Centrum des gelben Fleckes convergiren und eine Chagrinzeichnung hervorrufen, etwa wie sie die Rückseite vieler Taschenuhren ziert". An den seitlichen Partheien der Macula lutea treten die Stäbchen auf, und zwar in einer Reihe um je einen Zapfen gestellt; bald werden sie reichlicher, so dass zwischen je zwei Zapfen immer zwei und dann drei Stäbchen eingeschoben sind. Dieses Verhältniss erhält sich dann bis an die Ora serrata.

Der angegebenen Vertheilung entsprechend ergeben sich auch gewisse Unterschiede in den *Dimensionen* der Zapfen und Stäbchen. Die letzteren zeigen von der Macula lutea gegen die Ora serrata hin eine allmälige, aber nicht bedeutende Abnahme an Länge, ohne irgend eine bemerkbare Veränderung der Gestalt. Die Zapfen hingegen weichen im Bereiche des gelben Fleckes in beiden Beziehungen von ihrem sonstigen Verhalten ab. Sie werden vom Rande desselben gegen die

Fovea centralis hin immer länger und zugleich schmäler, so dass ihre Gestalt der der Stäbchen nicht unähnlich wird. Dieser Umstand ist desshalb von hoher Bedeutung, weil so die Anzahl der Zapfen, welche in der Raumeinheit der Fovea centralis Platz finden, eine viel grössere wird.

Stäbchenfasern und *Zapfenfasern*, welche, wie bereits erwähnt, mit ihren kernhaltigen Anschwellungen die charakteristischen Formationen der *äusseren Körnerschichte* bilden, entspringen an dem inneren Ende der Stäbchen und Zapfen und ziehen in gerader Richtung gegen die Zwischenkörnerschichte hin. Sie unterscheiden sich sehr auffallend dadurch, dass die Zapfenfaser bedeutend dicker ist, und ihre kernhaltige Anschwellung — das *Zapfenkorn* — unmittelbar an die Membrana limitans, dicht an die Basis des Zapfens zu liegen kommt, während die äusserst zarte und vergängliche Stäbchenfaser erst an einer weiter einwärts gelegenen Stelle das *Stäbchenkorn* trägt. Die Zapfenfaser endigt als solche an der Grenze der Zwischenkörnerschichte mit einer kegelförmigen Verbreitung (*Zapfenfaserkegel*). Aus dieser entspringt eine Anzahl feinster Fäserchen, welche sich in der letztgenannten Schichte verlieren. Auch die Stäbchenfasern zeigen häufig an der genannten Stelle eine kolbige Auftreibung, ohne dass es jedoch bis jetzt gelungen wäre, ähnliche Fortsetzungen derselben, wie an der Zapfenfaser, mit Sicherheit nachzuweisen.

Die *Stäbchen-* und *Zapfenkörner* sind ellipsoidische, im frischen Zustande ganz durchsichtige Gebilde, jedoch von einander nicht nur durch die Lage, sondern auch durch ihr Aussehen zu unterscheiden. Während die Zapfenkörner völlig homogen sind und nur ein kleines Kernkörperchen in sich erkennen lassen, erscheint die Substanz der Stäbchenkörner durch auf einander folgende, stärker und schwächer lichtbrechende Streifen deutlich quergebändert. Diese zuerst von *Henle* beschriebene Erscheinung ist durch *Flemming* dahin aufgeklärt worden, dass die zwei oder drei stärker lichtbrechenden Querbänder nichts anderes sind, als Portionen von chromatischer Kernsubstanz, welche in diesem Falle in eigenthümlicher Weise zu Schichten geordnet ist.

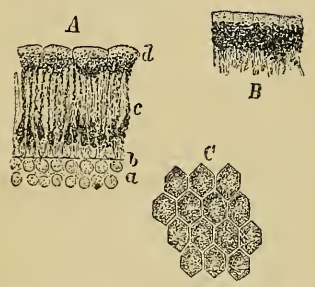
An den meisten Bezirken der Retina füllen die nahe an einander gedrängten Stäbchen- und Zapfenkörner die äussere Körnerschichte völlig aus und lassen nur Raum zwischen sich für die durchziehenden Fasern und für die verhältnissmässig spärliche Stützsubstanz. Nicht so in der Umgebung der Macula lutea; hier erscheinen die nach innen von dem Korne gelegenen Abschnitte der Stäbchen- und Zapfenfasern bedeutend verlängert, und zwar umsomehr, je näher der Macula lutea zu, und am allermeisten in dieser selbst. Dabei nehmen sie allmälig eine schief gegen die Fovea centralis geneigte Richtung an. Es entsteht dadurch eine von Körnern freie und nur von den verlängerten

Stäbchen- und Zapfenfasern eingenommene innere Abtheilung der äusseren Körnerschichte (Fig. 168 und 177), welche von *Henle* unter dem Namen *der äusseren Faserschichte* als eine besondere Schichte der Netzhaut aufgeführt wird.

Die Pigmentmembran der Netzhaut. Sie besteht aus einer Lage eigenthümlich gestalteter, stark pigmentirter Zellen, deren Anordnung bei der Flächenansicht völlig das Bild eines einfachen Pflasterepithels wiedergibt, daher auch die für diese Schichte vielfach gebrauchte Bezeichnung: *Pigmentepithel.* Die einzelnen Zellen erscheinen dabei gewöhnlich als regelmässige Sechsecke, in deren Mitte durch einen hellen, rundlichen Fleck die Stelle des Kernes angedeutet ist.

Ueber die wahre Gestalt dieser Pigmentzellen kann man nur durch Vergleichung von Isolationspräparaten und senkrechten Durchschnitten der Netzhaut Auskunft erlangen. Es ergibt sich, dass eine jede dieser Zellen einen compacten Körper besitzt, von welchem nach einwärts ein ganzes Büschel dünner Fortsätze hervorgeht und zwischen die Elemente der Stäbchenschichte eindringt (Fig. 180). Die Vertheilung des Pigmentes in den Zellen ist keine ganz gleichmässige; stets findet sich eine periphere, der Glashaut der Choroidea zugewendete, pigmentfreie Zone derselben, während der den Stäbchenenden zugewendete Theil des Zellkörpers dicht mit den Farbstoffkörnchen erfüllt ist. Die fadenförmigen Fortsätze enthalten beim Menschen und bei Säugethieren nur in der Nähe ihres Ursprunges Pigmentkörnchen; ihrer grössten Länge nach sind sie farblos. Sie lagern sich in die oben beschriebenen Furchen der Aussenglieder ein. Bei den übrigen Wirbelthierklassen sind diese Fortsätze viel stärker entwickelt und dicht mit Pigmentkörnchen versehen; namentlich findet sich häufig an ihren inneren, noch zwischen die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen hineinragenden Enden wieder eine stärkere Anhäufung derselben. Die Pigmentkörnchen selbst sind übrigens nicht rundlich wie die der Choroidea, sondern zeigen, im frischen Zustande mit sehr starken Vergrösserungen untersucht, scharfkantige, oft prismenähnliche Formen (*Frisch*). Bei albinotischen Individuen fehlt der Farbstoff, die Gestalt und Anordnung der Zellen weicht hingegen nicht von der Norm ab.

Fig. 180.



A. Die epitheliale Lage und die Pigmentschichte der Netzhaut des Frosches im senkrechten Durchschnitt. a äussere Körnerschichte, b Membrana limitans externa, c Stäbchenschichte mit den in sie hereinziehenden Ausläufern der Zellen der Pigmentschichte (d).

B. Vier isolirte Zellen der Pigmentschichte in der Längenansicht (frisch, in Jodserum).

C. Die Zellen der Pigmentschichte von der Fläche her gesehen (aus der Netzhaut des Menschen). (Hartnack, Immers. Syst. X, Ocul. 2.)

Das Stützgerüst der Netzhaut. Wie schon oben bemerkt worden ist, breitet sich durch die ganze Netzhaut ein stützendes Gerüst aus, welches, mit Ausnahme der Pigmentmembran und der Aussenglieder der Stäbchenschichte, alle nervösen und epithelialen Formationen umschliesst und allenthalben ein zusammengehöriges Ganzes darstellt (Fig. 176 B). Mit Bezug auf seinen histologischen Charakter kommt es jener Form des Stützgewebes im Centralnervensystem gleich, welche betreffenden Ortes (S. 174) als granulirte Substanz, oder Hornspongiosa erwähnt worden ist. Es erscheint in Form eines körperlich ausgebreiteten, durch allseitig zusammenhängende Fäserchen und Blättchen hergestellten Netzwerkes, in dessen Lücken die nervösen und epithelialen Formationen eingeschlossen sind. Dem entsprechend gestaltet sich das Stützgerüst ausserordentlich dicht und feinmaschig in den beiden granulirten Schichten, zeigt grössere Lücken im Bereiche der Körnerschichten, die grössten aber zur Aufnahme der Ganglienzellen. Besonders hervortretende Formationen des Stützgerüstes sind die sogen. *Radialfasern* (*Müller'sche Stützfasern*). Es sind dies zahlreiche, in regelmässigen Abständen gelagerte und die Dicke der Netzhaut senkrecht zur Oberfläche durchsetzende Bälkchen, welche sich mit einer kegelförmigen Verbreiterung von der Membrana limitans interna erheben. Einige von ihnen lösen sich ganz oder zum Theil schon in der inneren granulirten Schichte in dem dichten Stützgewebe auf, andere verlaufen weiter in die äusseren Schichten und zerfasern sich endlich vollständig in der äusseren Körnerschichte, um mit ihren Ausläufern in die Membrana limitans externa überzugehen. Im Bereiche der inneren Körnerschichte sind ihnen stets ellipsoidische, mit deutlichem Kernkörperchen versehene Kerne eingelagert.

Die *Membrana limitans externa* und *interna* werden von den meisten neueren Autoren für verdichtete Grenzschichten der Hornspongiosa angesehen, namentlich die Limitans interna als durch Verschmelzung der Basen der Radialfaserkegel entstanden betrachtet. Nun kann aber unter Umständen ein structurloses Häutchen demonstrirt werden, welches die Basen der Radialfasern von dem Glaskörper trennt und, je nach der Präparationsmethode, das eine Mal an der Netzhaut, das andere Mal an dem Glaskörper haften bleibt. Dasselbe wird von einigen Autoren (*Schwalbe, Krause*) dem Glaskörper zugerechnet und als *Membrana hyaloidea* bezeichnet, von anderen aber als identisch mit der Limitans interna der Netzhaut betrachtet (*Henle, Merkel*).

Mit der Limitans externa schliesst das Stützgewebe der Retina noch nicht vollständig ab; es erheben sich nemlich an ihrer äusseren Seite in senkrechter Richtung zahlreiche, äusserst zarte, kurze Fäserchen, welche die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen hürdenartig

umgeben; fallen die letzteren heraus, so bleiben die Fäserchen, gleichsam leere Körbe bildend, zurück. Daher stammt auch der für diese Formation gebräuchliche Terminus: *Faserkörbe.* Man erblickt in ihnen die letzten Ausläufer der Radialfasern.

Es ist schon in den vorstehenden Blättern auf einzelne Besonderheiten hingewiesen worden, welche die Elemente der Netzhaut an der Stelle des deutlichsten Sehens — in der *Macula lutea* und in der *Fovea centralis* — aufweisen. Es ist nun noch einiges über dieselben hinzuzufügen. Die gelbe Färbung dieser Netzhautstelle rührt von einem diffusen Farbstoff her, mit welchem die Gehirnschichte — nicht das Neuroepithel — durchtränkt ist. In Bezug auf seinen Bau zeichnet sich der gelbe Fleck vor Allem durch die hervorragende Ausbildung der epithelialen Formationen und durch das Zurücktreten der Stützsubstanz vor den übrigen Netzhautbezirken aus. Daher rührt wesentlich seine grössere Weichheit und das raschere Auftreten von postmortalen Veränderungen (Faltungen u. dgl.).

Wie bereits erwähnt, nimmt die Zahl der Stäbchen in der unmittelbaren Umgebung des gelben Fleckes sehr rasch ab, während in demselben Maasse die der Zapfen wächst, so dass in den peripheren Theilen des gelben Fleckes nur eine Reihe von Stäbchen um je einen Zapfen zu liegen kommt und nach der Mitte hin, namentlich aber in der centralen Grube, ausschliesslich nur Zapfen sich finden; es wurde auch der höchst charakteristischen Verhältnisse bereits gedacht, welche diese in Bezug auf Grösse, Form und Anordnung zeigen. Die Zellen des Pigmentstratums sind hier etwas schmäler, besitzen jedoch, entsprechend der bedeutenden Länge der Aussenglieder auffallend längere, zwischen diese hineinziehende Fortsätze.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des gelben Fleckes, die ausserordentliche Länge der Zapfenfasern und deren schief von der centralen Grube nach der Peripherie geneigte Richtung hängt mit der beträchtlichen Verdünnung der ganzen Gehirnschichte der Retina im Bereiche der centralen Grube zusammen. Es fehlt in derselben nicht nur die Nervenfaser- und Ganglienzellenschichte, sondern auch die innere Körnerschichte gänzlich, so dass die Zapfenfasern der Fovea centralis, um die Verbindung mit der letzteren Schichte zu erreichen, einen stark divergirenden Verlauf einzuhalten genöthigt sind. Dem gegenüber ist jedoch zu betonen, dass das ganze übrige Bereich des gelben Fleckes durch eine sehr bedeutende Anhäufung von Ganglienzellen ausgezeichnet ist, und dass dieselben, insbesondere um den Rand der centralen Grube herum, in mehrfachen Lagen über einander geschichtet sind. Ueber das Verhalten der Nervenfaserschichte ist bereits oben das Nöthige beigebracht worden. Die Stützsubstanz ist an der Macula lutea äus-

serst zart und nur in sehr geringer Menge vorhanden; namentlich fehlt die Formation der *Müller'schen* Stützfasern gänzlich.

In ganz entgegengesetztem Sinne weicht der Bau der Netzhaut in der Gegend der *Ora serrata* von den übrigen Bezirken ab. Hier gelangt die Stützsubstanz zu stärkerer Entwicklung, die nervösen Elemente werden spärlicher und auch die Bestandtheile des Neuroepithels zeigen eine geringere Ausbildung. Während nun aber die vereinigte Nervenfaser- und Ganglienzellenschichte (vergl. S. 602) sich schon in den seitlichen Bezirken der Netzhaut nach und nach sehr verdünnt hat, auch das Vorwiegen der Stützfasern etwa von dem Aequator des Bulbus an immer deutlicher bemerkbar wird, erhalten sich im Uebrigen die Schichten der Netzhaut, wenn auch nicht unbeträchtlich verschmälert, bis nahe an die Ora serrata in ihren wesentlichen Eigenschaften und bleiben scharf von einander abgegrenzt. Der Uebergang in die Pars ciliaris retinae erfolgt somit, wenigstens beim Menschen, ganz plötzlich; die Sonderung der einzelnen Schichten verliert sich, indem zwischen die zelligen Elemente derselben reichliche radiäre Züge von Stützgewebe einstrahlen, welche von einer Membrana limitans bis zur anderen sich erstrecken. Die Stäbchen und Zapfen lassen nahe an der Ora serrata grössere, durch die hineinragenden Fortsätze der Pigmentzellen ausgefüllte Zwischenräume zwischen sich; es verschwinden dann zuerst die Stäbchen, während die Zapfen noch an einer ganz schmalen Zone in entsprechenden Intervallen allein übrig bleiben und erst an der Stelle aufhören, wo die übrigen Schichten bereits den Charakter des Ciliartheiles anzunehmen beginnen. Es erhält sich somit die Sonderung der Stäbchenschichte am längsten.

Bei älteren Personen findet man häufig eine eigenthümliche Veränderung der Netzhaut in der Nähe der Ora serrata, welche sich schon dem freien Auge durch eine leichte Wulstung kenntlich macht. An Durchschnitten bemerkt man dann eine Anzahl grosser, rundlicher oder oblonger, communicirender Hohlräume, welche gewöhnlich über mehrere Schichten der Netzhaut sich erstrecken und mit einer klaren Flüssigkeit erfüllt sind; zwischen ihnen erscheint das Stützgewebe der Netzhaut zu starken, pfeilerförmigen Bündeln geformt, welche nicht selten durch quere Bälkchen unter einander verbunden sind. Man pflegt diesen Zustand als *Oedem* der Netzhaut zu bezeichnen und sieht ihn mit Recht als eine senile Veränderung derselben an (*Merkel*, *Iwanoff*).

2) Der Ciliartheil der Netzhaut (Pars ciliaris retinae) lässt von der Ora serrata bis an den Ciliarrand der Regenbogenhaut drei Schichten unterscheiden, welche sich aus dem hinteren Abschnitt der Netzhaut continuirlich fortziehen. Es sind dies die *Pigmentmembran*, die *Radialfaserschichte* und die *Membrana limitans interna*.

Die *Pigmentmembran* haftet der mittleren Augenhaut sehr innig an, so dass es nicht möglich ist, sie unverletzt von derselben abzulösen; aus diesem Grunde ist es üblich geblieben, sie der Aderhaut zuzurechnen, trotzdem ihre gemeinschaftliche Abkunft mit der Netzhaut und ihr continuirlicher Zusammenhang mit der Pigmentmembran des hinteren Theiles der Netzhaut allgemein anerkannt ist. Allerdings ist hier ihre histologische Beschaffenheit nicht mehr genau dieselbe. Ihre Elemente sind rundliche oder polyedrische, zu zwei und stellenweise auch zu drei Lagen über einander geschichtete Zellen, welche dicht mit Pigmentkörnchen erfüllt sind und daher in situ weder ihre Kerne, noch auch ihre Grenzen erkennen lassen. Sie dringen namentlich in die grubigen Vertiefungen, welche die Glashaut der Choroidea durch ihr Faltensystem erzeugt, allenthalben hinein und es erhält daher die Pigmentmembran eine unregelmässig höckerige äussere Oberfläche.

Die *Radialfaserschichte* besteht aus cylinderförmigen, in der Nähe der Ora serrata sehr hohen, nach vorne allmälig kürzer werdenden Bälkchen oder Fäserchen, welche dicht neben einander in radiärer Richtung gelagert sind. Ihr seitlicher Umfang ist häufig gezähnelt, ihr nach einwärts gerichtetes Ende entweder stumpf abgerundet, oder kegelförmig verbreitert und in mehrere Zacken zerspalten. Stets sind sie mit scharf begrenzten, oblongen, hyalinen Kernen besetzt. Die Bedeutung dieser Gebilde ist vielfach discutirt worden. Am meisten hat unstreitig die Ansicht *Kölliker's* und *M. Schultze's* für sich, nach welcher sie als die Analoga der radialen Stützfasern der Netzhaut angesehen werden müssen. Ihr unmittelbarer Anschluss an dieselben, die Details ihrer Form und endlich ihre innige Verbindung mit der Membrana limitans interna sprechen deutlich dafür, während keine positiven Anhaltspunkte vorliegen, welche eine andere Deutung rechtfertigen könnten.

Die *Membrana limitans interna* stellt hier, sowie in dem übrigen Theile der Netzhaut eine homogene Begrenzungsschichte dar, welche mit den Radialzellen allenthalben verschmolzen ist; jedoch gelang es *Schwalbe*, sie durch längere Maceration in chromsaurem Kali isolirt darzustellen, wobei sich ihre äussere Oberfläche mit zahlreichen feinen Leistchen und Zäckchen besetzt zeigte.

Die *Untersuchung* der Netzhaut gehört wegen ihres äusserst complicirten Baues, noch mehr aber wegen der Zartheit und Vergänglichkeit des grössten Theiles ihrer Elemente zu den schwierigsten Problemen der Histologie. Das Studium der Elemente kann nur zum Theile in völlig frischem Zustande vorgenommen werden, da sich ihrer Isolirung grosse Hindernisse in den Weg setzen. Behandlung mit Ueberosmiumsäure (*M. Schultze*), oder mit sehr verdünnter Chromsäure und endlich Maceration in Jodserum oder 10proz. Kochsalzlösung sind die besten Hülfsmittel. Behufs Anfertigung dünner Durchschnitte leistet Härtung in doppeltchromsaurem Kali (auch *Müller'scher* Flüssigkeit), oder in der von *Merkel* empfohlenen Mischung

von Platinchlorid und Chromsäure (von beiden 1 Theil in 400 Theilen Wasser gelöst und zu gleichen Theilen gemengt) die besten Dienste; die letztere insbesondere für die Untersuchung des stützenden Gerüstes.

Der Glaskörper (Corpus vitreum). Seine Substanz erscheint im frischen Zustande als eine vollkommen homogene, durchsichtige Gallerte, ohne jede Andeutung irgend einer Textur.

Als solche wird sie denn auch von einigen Autoren betrachtet. Dem steht jedoch entgegen, dass der zerschnittene, auf ein Filter gelegte Glaskörper in zwei Substanzen zerfällt, indem eine vollkommen klare Flüssigkeit abfiltrirt und eine, wenn auch nur geringe Menge festweicher Substanz zurückbleibt. Es muss demnach angenommen werden, dass in dem intacten Glaskörper die Flüssigkeit räumlich getrennt von einer geformten, völlig durchsichtigen Substanz enthalten ist. Darauf weist auch die Betrachtung des gefrorenen Glaskörpers hin; denn derselbe stellt keineswegs einen compacten Eisklumpen dar, sondern zeigt ganz constant an der Oberfläche ein blättriges Gefüge, während im Innern unregelmässig geformte Eisstückchen neben einander liegen. Daraus, sowie aus den Ergebnissen verschiedener anderer Untersuchungsmethoden geht hervor, dass die geformten Theile des Glaskörpers ein Lückensystem begrenzen, welches an der Oberfläche eine andere Anordnung, als in den mittleren Parthien besitzt. Den besten Ausdruck für die thatsächlichen Verhältnisse gibt, wie es scheint, die von *Stilling* herrührende Darstellung, der gemäss man an dem Glaskörper eine Rindenschichte und einen Kern zu unterscheiden hat. Die erstere besteht aus concentrischen Lamellen der geformten Substanz, zwischen welchen schalenförmige Spalträume zur Aufnahme der Flüssigkeit übrig bleiben. Die Rinde umgibt aber den Kern nicht vollständig, sondern endigt vorne an der Ora serrata, reicht also nicht bis zur Linse heran. Der Kern lagert somit in der Rinde, etwa wie ein Ei im Eibecher, indem er über sie hervorragt und in der tellerförmigen Grube frei zu Tage liegt.

Stilling hat durch seine Untersuchungen auch die Existenz des sogen. *Cloquet'schen Kanales* (*Canalis hyaloideus*) sichergestellt. Derselbe stellt eine einfache, etwa 1 Mm. weite, mit klarer Flüssigkeit erfüllte Röhre dar, welche sich in gerader Richtung von der Sehnervenpapille bis an den hinteren Pol der Linse erstreckt. Er entspricht der Lagerstätte der fötalen, bei Erwachsenen nur in seltenen Ausnahmsfällen noch vorhandenen Arteria hyaloidea (capsularis).

Der Glaskörper enthält unter allen Umständen zellige Elemente; sie sind bei Erwachsenen nur sehr spärlich, bei Kindern etwas reichlicher vorhanden und stets in den äusseren Lagen der Rindenschichte eingebettet. Sie erscheinen als rundliche oder abgeflachte, zart granu-

lirte und undeutlich begrenzte Zellen mit einem kleinen, runden Kerne. *Iwanoff* hat an ihnen amöboide Bewegungen nachgewiesen.

Es ist bereits oben angeführt worden, dass der Glaskörper von der Netzhaut durch eine glashelle Membran getrennt ist, welche unter Umständen mit dem ersteren in Zusammenhang von der Netzhaut abgelöst werden kann, wobei dann immer noch ein der Limitans interna entsprechender Saum an der letzteren nachweisbar bleibt. Es eignet sich dazu am besten ein mehrstündiges Einlegen eines frischen Auges in stark verdünnten Alkohol. Die so dargestellte *Membrana hyaloidea* zeigt sich in ihrem hinteren Abschnitte, bis in die Gegend der Ora serrata, äusserst zart, ganz strukturlos und adhärirt sehr fest an der Substanz des Glaskörpers: von da nach vorne verstärkt sie sich aber, nimmt eine eigenthümlich faserige Beschaffenheit an und geht unmittelbar in die Zonula ciliaris über.

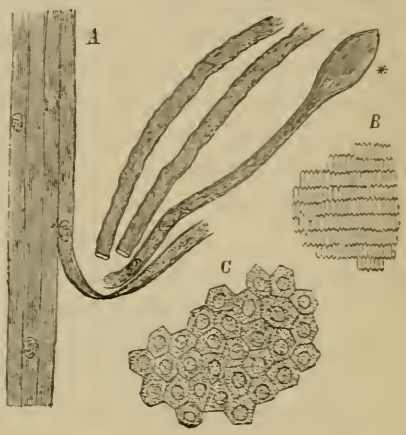
Die Krystalllinse. Sie besteht aus einer weichen, leicht zerdrückbaren *Substantia propria* und aus einer diese umhüllenden, festeren, *membranösen Kapsel.* Die letztere ist völlig strukturlos, sehr elastisch und spröde; sie reisst daher von einem gemachten Einstich aus, bei einigem Druck, sehr leicht weiter ein und rollt sich mit ihren scharfen Rändern um. Neueren Mittheilungen *Berger's* zu Folge soll die Linsenkapsel aus mehreren Lamellen zusammengesetzt sein, welche durch eine in übermangansaurem Kali lösliche Kittsubstanz verbunden sind. Ihrem chemischen Verhalten nach steht sie den sogen. Glashäuten nahe, unterscheidet sich aber von ihnen durch ihre geringere Resistenz gegen Säuren (*Kühne*) und durch ihre Löslichkeit in kochendem Wasser (*Strahl*). Die morphologische Bedeutung der Linsenkapsel ist noch nicht sicher festgestellt, doch sind entwicklungsgeschichtliche Thatsachen bekannt geworden, nach denen sie nicht als Produkt der Linsenfasern, sondern als eine von diesen genetisch unabhängige, bindegewebige Bildung aufzufassen ist.

Der vordere Theil der Linsenkapsel ist an seiner hinteren Fläche mit einem einschichtigen, aus ziemlich regelmässig sechsseitigen Zellen zusammengesetzten *Epithel* bekleidet (Fig. 181 C). Am Aequator der Linse werden die Epithelzellen etwas schmäler und höher, es verliert sich ihre scharfe Abgrenzung, und sie gehen endlich unmittelbar in die sogleich zu beschreibenden Linsenfasern über. Der hintere Theil der Linsenkapsel besitzt kein Epithel, er steht in direkter Berührung mit der Linsensubstanz.

Die Formelemente, aus welchen die Substanz der Krystalllinse selbst aufgebaut ist, die *Linsenfasern,* sind lange, schmale Bänder von völlig hyalinem Aussehen; sie sind im frischen Zustande von ganz glatten oder äusserst fein gezähnelten, parallelen Rändern begrenzt,

sehr weich und biegsam und haften innig an einander. Nach Behandlung der Linse mit Säuren treten die Zacken an den Rändern stärker hervor, die Fasern werden durch Gerinnung ihrer Substanz spröder und härter und fallen leichter aus einander. Die oberflächlich gelegenen Linsenfasern sind dicker und breiter als die tieferen, völlig glattrandig, und enthalten je einen scharf umschriebenen, flachen, elliptischen Kern; und zwar ist die Stelle, an welcher er eingelagert ist, stets nahe dem Aequator der Linse zu suchen (Kernzone). Die mehr central gelegenen Linsenfasern sind durchwegs kernlos und an den Rändern deutlich gezähnelt. Da die oberflächlichen Fasern, der Entwicklung der Linse zufolge, als die jüngeren, die tieferen als die älteren anzusehen sind, so dürfen die genannten Eigenschaften der letzteren, so wie die Abnahme ihrer queren Dimensionen wohl als nachträgliche, mit dem Wachsthum der Linse verbundene Veränderungen aufgefasst werden (*Henle*).

Fig. 181.



A. Bruchstücke von Linsenfasern, zum Theil mit eingelagerten Kernen; bei * das verbreiterte Ende einer Faser. (Zupfpräparat nach Härtung der Linse in *Müller'scher* Flüssigkeit.)
B. Linsenfasern im Querschnitte.
C. Epithel der vorderen Linsenkapsel (frisch mit Kochsalzlösung dargestellt).
Sämmtliche Objekte vom Menschen.
(Hartnack, Object. VIII, Ocul. 2.)

Ueber die wahre Gestalt und das gegenseitige Lagerungsverhältniss der Linsenfasern erhält man am besten Aufschluss an Durchschnitten, welche quer zum Verlaufe derselben geführt worden sind. Es erscheinen dann ihre Querschnitte in Gestalt schmaler, lang gezogener Sechsecke, welche sich ganz regelmässig mit ihren langen Seiten berühren und mit ihren kurzen Spitzen in Zickzacklinien in einander greifen. Nicht selten findet man diese gleichmässige Zeichnung durch das Dazwischentreten eines längeren Sechseckes unterbrochen, was davon herrührt, dass eine jede Linsenfaser an ihren beiden Enden eine schaufelförmige Verbreiterung besitzt. Je näher der Oberfläche der Linse, um so prägnanter tritt, wegen der grösseren Dicke der Fasern, jene eigenthümliche Zeichnung hervor. Alle Linsenfasern wenden übrigens eine ihrer breiten Flächen dem Centrum und die andere der Oberfläche der Linse zu.

Mit Bezug auf die Beschaffenheit der Linsenfasern ist noch zu erwähnen, dass sie von vielen Seiten nicht als solide Gebilde, sondern als Röhren angesehen werden, an denen man eine zarte, hyaline Hülle und einen flüssigen Inhalt unterscheiden könne. Die dafür beigebrachten Gründe sind indessen kaum völlig überzeugend.

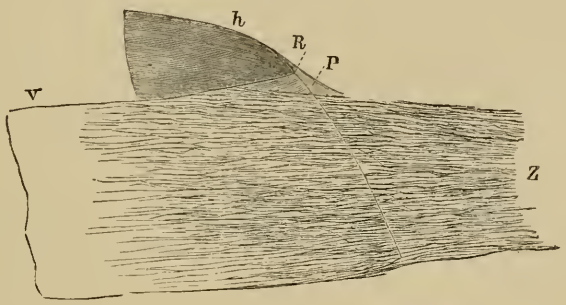
Verlauf und Anordnung der Linsenfasern. Wird die Krystalllinse aus dem Auge entfernt, so verliert sie allmälig ihre vollkommene Durchsichtigkeit, und zwar mehr in ihren centralen (Linsenkern), als in den peripheren Parthieen. Man bemerkt dann an der vorderen und hinteren Fläche radiär von den Polen ausgehende Streifen (*Linsennäthe*), welche sich schichtenweise auch in die Tiefe verfolgen lassen. Dieselben treten an menschlichen Linsen typisch zu einer dreistrahligen Figur zusammen, wobei die Strahlen der vorderen Fläche um 60° gegen die der hinteren Fläche verwendet sind. Am ausgesprochensten findet sich dieses Verhältniss an den Linsen neugeborener Kinder, während bei Erwachsenen mannigfache, individuelle Differenzen vorkommen. Gewöhnlich spaltet sich bei diesen eine jede Linsennath in zwei divergirende Zweige, so dass im Ganzen eine sechsstrahlige, mehr oder minder regelmässige Sternfigur entsteht. Lässt man eine Linse durch längere Zeit in Wasser maceriren, oder kocht man sie mit starken Mineralsäuren, so zerklüftet sich ihre Substanz entsprechend den Näthen und blättert sich von diesen aus allmälig zu zahlreichen Lamellen auf. Ebenso kann man an in Chromsäure erhärteten Linsen zahlreiche dünne, von der vorderen Fläche über den Aequator weg an die hintere Linsenfläche ziehende Blätter oder Streifen ablösen, welche alle aus einer grossen Summe von Linsenfasern bestehen. Diese sind somit derart schichtenweise über einander gelagert, dass sie, der Oberfläche der Linse parallel, in meridionaler Richtung den Aequator überschreiten und so mit einem Theile der vorderen, und mit einem anderen Theile der hinteren Hälfte der Linse angehören. Dabei beschreiben die oberflächlichen Fasern steile, dem Linsenrande zugewendete Bögen, während sie, je weiter nach der Mitte hin, um so mehr einem Kreisbogen nach verlaufen.

Es reicht nun aber keine Linsenfaser von dem einen Pole bis zu dem andern, sondern je näher demselben ihr vorderes Ende gelegen ist, um so mehr bleibt ihr hinteres Ende von dem hinteren Linsenpol entfernt. Es hat sich ferner ergeben, dass Anfang und Ende einer jeden Linsenfaser an einer Nath gelegen ist, und dass längs einer solchen von jedem Punkte aus je zwei in spitzen Winkeln divergirende Linsenfasern ihren Ausgangspunkt nehmen, um, wenn sie den Aequator überschritten haben, wieder an einer Nath zu enden. Es wird somit jene Linsenfaser, welche in einer gegebenen Schichte an dem vorderen Pol der Linse ihren Anfang nimmt und, den von zwei Näthen gebildeten Winkel halbirend, gegen den Aequator zieht, an der hinteren Linsenfläche in dem äussersten Punkte einer Nath ihr Ende finden. So erklärt sich denn die verwendete Stellung der Strahlenfigur an der vorderen und hinteren Linsenfläche.

An der Stelle der Näthe findet man an gehärteten Linsen gewöhnlich, in verschiedener Zahl und Grösse, hyaline Tropfen und Blasen angehäuft, welche man als einer formlosen Zwischensubstanz angehörig betrachtet hat. Es ist jedoch viel wahrscheinlicher, dass sie Substanztheile der Linsenfasern darstellen, welche in Folge der Einwirkung des Härtungsmittels aus denselben ausgetreten sind.

Es möge nun noch hervorgehoben werden, dass die ganze Linsensubstanz, ihrer Genesis zufolge als eine epitheliale, durch Einstülpung aus dem Ectoderm hervorgegangene Formation zu betrachten ist, und dass somit den Linsenfasern der Charakter von Epithelialzellen zukommt. Ihr Mutterboden bleibt nach der vollständigen Abgrenzung der Linse als Epitheliallage der vorderen Linsenkapsel zurück.

Fig. 182.



Abschnitt der vorderen (v) und der hinteren (h) Linsenkapsel mit dem Ansatze der Zonula ciliaris (Z). P. *Petit'scher* Kanal. R. Aequatorialrand der Linse. (Das Präparat ist durch einen meridionalen Durchschnitt aus einem menschlichen, in Chromsäure erhärteten Bulbus gewonnen worden.) (Hartnack, Objectiv V, Ocul. 2.)

Die Zonula ciliaris. Als Befestigungsmittel der Linse dient ein zartes, durchsichtiges Häutchen, welches von den Spitzen der Ciliarfortsätze aus auf die Linsenkapsel herübergespannt ist und mit der letzteren verschmilzt; es ist dies die *Zonula ciliaris* (*Zonula Zinnii*, *Strahlenplättchen*). Sie besteht wesentlich aus einer grossen Zahl feiner, scharf begrenzter, homogener Fasern, welche theils einzeln, theils zu Bündeln vereinigt in meridionaler Richtung verlaufen und durch ein homogenes Bindemittel zu einer Membran vereinigt werden. Diese eigenthümlichen Fasern sind schon in der Gegend der Ora serrata sichtbar und gehen dort aus der Membrana hyaloidea hervor. Sie ziehen, besonders in den Zwischenräumen der Processus ciliares zu starken Bündeln vereinigt, nach vorne, haften dabei der Pars ciliaris retinae sehr innig an und gehen schliesslich zum Theil in die vordere, zum Theil in die hintere Hälfte der Linsenkapsel über, während sich noch andere an der tellerförmigen Grube des Glaskörpers verlieren. An der

vorderen Linsenkapsel ist das Ende der Zonula als eine ziemlich deutliche, zickzackförmige Linie zu erkennen.

Da die Zonula ciliaris, gleichsam in zwei divergirende Lamellen gespalten, den äussersten Rand der Linse überschreitet, ohne sich an ihn anzusetzen, so entsteht demselben entlang ein kreisförmiger Kanal (*Canalis Petiti*), welcher im Leben als eine schmale Spalte besteht, aber durch Einblasen von Luft, oder durch Einspritzung von gefärbten Flüssigkeiten leicht sichtbar gemacht werden kann. Im Querschnitt gesehen, zeigt er annähernd die Form eines gleichschenkligen Dreieckes, dessen Basis durch den Rand der Linse eingebogen wird und dessen scharfe Spitze dem Ciliarkörper zugewendet ist. Seine vordere Wand wird durch die eigentliche Zonula cilaris gebildet; sie grenzt ihn vollständig von der Augenkammer ab. Die hintere Wand lässt sich ebenfalls als eine geschlossene, isolirbare Membran demonstriren, in welche faserige Elemente der Zonula eingehen. Ob sie jedoch als eine Verdichtungsschichte der Glaskörpersubstanz, oder als Fortsetzung der Membrana hyaloidea aufzufassen sei, oder ob sie ein Residuum des während früher Embryonalperioden die Linse umgebenden, gefässhaltigen Bindegewebes ist, kann nur dereinst die Entwicklungsgeschichte völlig aufklären.

Von mehreren Autoren (*Merkel, Henle*) ist die Existenz des *Petit'schen* Kanales während des Lebens in Abrede gestellt worden.

Die Blutgefässe des Augapfels. Das Blutgefässsystem des Augapfels wird durch Zweige der Art. ophthalmica gespeist und findet seinen Abfluss durch eine Anzahl kleiner Venenstämmchen, welche schliesslich fast ohne Ausnahme in eine der beiden Venae ophthalmicae übergehen. Man hat dabei zwei, scharf gesonderte Gefässbezirke zu unterscheiden, von denen der eine sich auf den Sehnerven und die Netzhaut beschränkt, der andere die ganze mittlere und die äussere Augenhaut und selbst noch einen Theil der Conjunctiva bulbi umfasst. Der erstere enthält die Ramifikationen der *Art. centralis retinae*, der letztere die Ausbreitungen der *Arteriae ciliares posticae* und *anticae*. Beide Gefässbezirke communiciren nur in der nächsten Umgebung des Sehnerveneintrittes, durch Vermittlung der Arteriae ciliares posticae breves.

Ueber die Beziehungen des Stammes der *Arteria centralis retinae* zu dem Sehnerven ist bereits das Nöthige angeführt worden (S. 582); es erübrigt, zu bemerken, dass dieselbe sich in der Versorgung des Sehnerven mit kleinen arteriellen Gefässchen theilt, welche, besonders in dem hinteren Abschnitte der Orbita, von den benachbarten Muskeln, oder von dem Fettgewebe her an die Scheide des Sehnerven herantreten und ihre Ausläufer auch in das Innere desselben hineinsenden.

Dort erfolgt die weitere Ramifikation innerhalb des stützenden Gerüstes. Die Art. centralis selbst verläuft in der Axe des Sehnerven bis an die Oberfläche der Sehnervenpapille, wo aus ihr zwei kurze Hauptäste hervorgehen, von denen der eine nach aufwärts, der andere nach abwärts gewendet ist. Noch im Bereiche der Papille zerspaltet sich jeder derselben in zwei Zweige, welche nun, in spitzen Winkeln divergirend, die Netzhaut betreten und sich unter Abgabe kleinerer Nebenzweige in den verschiedenen Bezirken der Netzhaut ausbreiten.

Die gröbere Vertheilung der arteriellen Zweigchen erfolgt durchwegs in der Nervenfaserschichte. Aus dieser treten feinere Aestchen in die Ganglienzellenschichte und zerfallen dort in Endzweigchen. Diese liefern, ohne unter einander zu anastomosiren, zunächst die Capillaren, welche sich theils zwischen den Ganglienzellen ausbreiten, theils aber in die Nervenfaserschichte übergehen und hier die Bündel der Nervenfasern mit langgestreckten Maschen umstricken. Andererseits aber gehen aus jenen Endzweigchen Capillarschlingen hervor, welche durch die moleculäre Schichte in die innere Körnerschichte vordringen und in dieser durch gegenseitige Anastomosen ein weites Netzwerk von bogig gekrümmten Capillaren herstellen; ein Theil dieser letzteren greift auch in die Zwischenkörnerschichte hinein. In diesem Sinne kann man mit *Hesse* und *His* zweierlei Capillarnetze der Retina unterscheiden — ein äusseres und ein inneres; doch hängen beide durchwegs unter einander zusammen.

Die dem Neuroepithel angehörenden Schichten der Netzhaut bleiben vollkommen gefässlos; dem entsprechend begrenzt sich auch das Capillarsystem der Macula lutea in der Umgebung der Fovea centralis, ohne sich in die letztere, welche ja fast nur die epithelialen Schichten enthält, hinein zu erstrecken. Auch an der Ora serrata schliesst sich das Capillarsystem der Netzhaut vollständig ab; es greift an keiner Stelle auf die Pars ciliaris über und besitzt hier keinerlei Verbindung mit den Gefässen der Aderhaut.

Die *Venen* wurzeln zunächst in den Capillaren der inneren Körnerschichte (*venöses Capillarnetz His*), deren rücklaufende Bogenschenkel sich zu den ersten Venenwurzeln sammeln. Diese nehmen weiterhin die Capillaren der Ganglienzellen- und Nervenfaserschichte in sich auf, indem sich diese theils direkt, theils durch Vermittlung kleiner venöser Zwischenstämmchen in die ersteren ergiessen. Die so gebildeten Venen legen sich an die Seite der arteriellen Zweige und laufen diesen allenthalben parallel, so dass ihre Astfolge bis an die Papille heran der der Arterien gleichkommt. An dieser Stelle geht durch den Zusammenfluss der oberen und unteren Venenstämmchen die einfache Vena centralis retinae hervor, welche mit der Arterie in der Axe des Sehnerven ver-

läuft und dort die kleinen, in dem Stroma desselben sich sammelnden Venenwurzeln in sich aufnimmt. Sie verlässt in der Regel etwas vor der Arterie den Nerven und ergiesst sich entweder in eine der beiden Venae ophthalmicae, oder, was der häufigere Fall sein soll, direkt in den Sinus cavernosus. Während des embryonalen Lebens verläuft ein nicht unbeträchtlicher Zweig der Arteria centralis retinae, gleichsam als ihre direkte Fortsetzung, in gerader Richtung durch den Glaskörper an die hintere Linsenkapsel; es ist dies die bereits früher erwähnte *Arteria hyaloidea*. Aus ihr gehen capillare Gefässchen hervor, welche sich in radiärer Richtung über die hintere Linsenkapsel ausbreiten und, den Linsenrand umgreifend, mit den Gefässen der Pupillarmembran und der Membrana capsulo-pupillaris zusammenhängen. Zur Zeit der Geburt sind diese Gefässe bereits völlig verschwunden.

Die Arteriae ciliares finden ihr hauptsächlichstes Verästigungsgebiet in den verschiedenen Bezirken der mittleren Augenhaut, und zwar breiten sich die *Arteriae ciliares posticae breves* in dem glatten Theile der Choroidea, die *Arteriae ciliares posticae longae* und die *Arteriae ciliares anticae* vorwiegend in dem Ciliarkörper und in der Regenbogenhaut aus. Die letztgenannten Arterien schicken ausserdem ihre Zweigchen an den Rand der Hornhaut, an die vordere Region der Sklera und an die Conjunctiva bulbi, während die Arteriae ciliares posticae breves noch den übrigen Theil der Sklera versorgen. Das aus den Ciliararterien hervorgehende Gefässsystem ist dadurch ausgezeichnet, dass es seine Abflusswege nur zum kleinsten Theile durch Venen findet, welche den betreffenden Arterien entsprechen. Der grösste Theil des Blutes wird durch die *Wirtelvenen* (*Venae vorticosae*) abgeleitet, deren Astfolge, Anordnung und Verlauf von den arteriellen Ramifikationen völlig unabhängig ist (Fig. 183 u. 184).

Die Arteriae ciliares posticae breves treten an die hintere Seite des Augapfels heran und durchbohren mit etwa 15—20 kleinen Zweigchen in der Umgebung des Sehnerveneintrittes die Sklera. Dabei treten sie vielfach unter einander in Verbindung und erzeugen so einen in der letzteren gelegenen Gefässkranz (*Circulus arteriosus nervi optici*, *Leber*). Aus diesem gehen feine Zweigchen nach rückwärts an die Sehnervenscheiden und radiär in die Lamina cribrosa, so dass eine Verbindung mit den Ramifikationen der Arteria centralis retinae hergestellt wird. Der grössere Theil der aus diesem Gefässkranz austretenden Zweigchen, sowie die direkten Fortsetzungen der arteriellen Stämmchen, gehen, nachdem sie spärliche Abzweigungen an das Gewebe der Sklera gegeben haben, in die Aderhaut über. In derselben breiten sie sich mit ihren Verzweigungen bis an die Ora serrata aus und speisen mit ihren Endausläufern jenes der Fläche nach ausgebreitete

Capillarsystem, welches als *Stratum choriocapillare* der Aderhaut oben angeführt worden ist. Dasselbe ist durch ausserordentlich kleine, im Augengrunde rundliche, in der Aequatorialgegend mehr in die Länge gestreckte Maschenräume ausgezeichnet; es begrenzt sich an der Ora serrata ganz scharf, steht jedoch an der Sehnervenpapille mit den der Arteria centralis entstammenden Capillaren in ausgiebigem Zusammenhang.

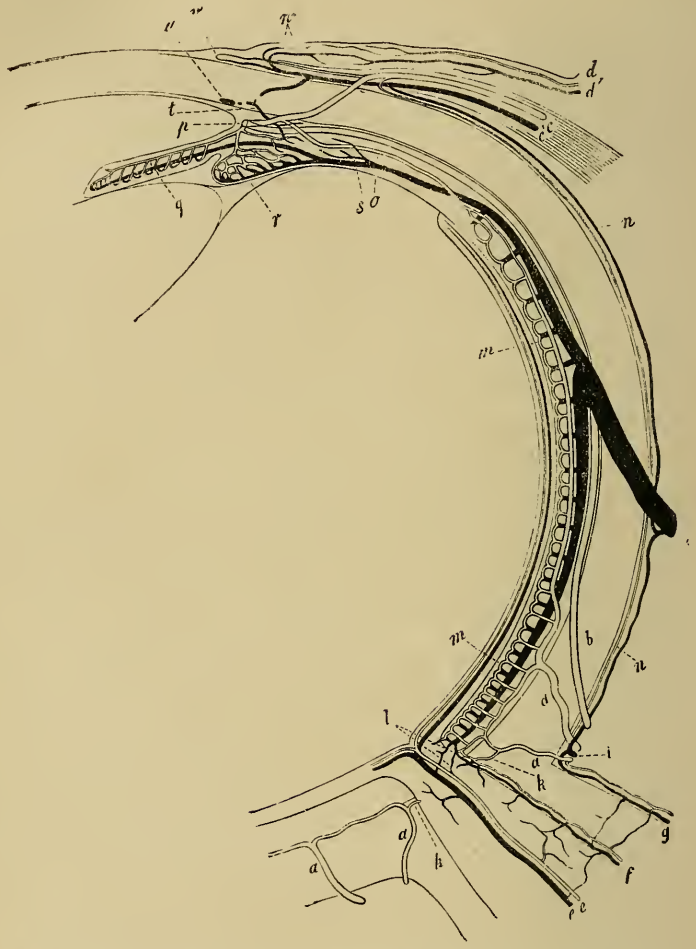
Die zwei Arteriae ciliares posticae longae verlaufen, nachdem sie die Sklera nahe dem Sehnerveneintritte durchbrochen haben, die eine im medialen, die andere im lateralen horizontalen Meridian durch die Lamina fusca nach vorne. In der Gegend des Corpus ciliare spaltet sich eine jede derselben in zwei stumpfwinklig divergirende Aeste, welche sich in ihrem weiteren, annähernd äquatorialen Verlauf einander begegnen und durch gegenseitige Anastomosen einen geschlossenen, an dem vorderen Abschnitte des Ciliarmuskels gelegenen Arterienring (*Circulus iridis major*) herstellen. In denselben senken sich auch zum Theile die Endausläufer der *Arteriae ciliares anticae* ein. Es sind dies kleine Aestchen jener Arterien, welche die geraden Augenmuskeln versorgen; sie treten mit den Sehnen dieser Muskeln an die Sklera heran, geben feine Seitenzweige an diese, an den Hornhautrand und an die Conjunctiva bulbi und durchbrechen dann die Sklera in ihrem vordersten Abschnitte, um sich neben den hinteren langen Ciliararterien in ausgiebiger Weise an der Versorgung der mittleren Augenhaut zu betheiligen. Dies geschieht von Seite der vorderen und der langen hinteren Ciliararterien einerseits durch direkte Zweige, andererseits durch solche, welche aus dem Circulus iridis major hervorgehen. Die letzteren sind es, welche in die Processus ciliares und in die Iris eintreten; die ersteren ramificiren sich vorzugsweise in dem Ciliarmuskel und ziehen auch als Rami recurrentes durch den Orbiculus ciliaris nach rückwärts in den glatten Theil der Choroidea, wo sie mit den hinteren kurzen Ciliararterien anastomosiren und die Choriocapillaris mit speisen helfen.

Die *Zweige für den Ciliarkörper* treten in einer fortlaufenden Reihe aus dem Circulus iridis major hervor und sind theils schwächer, theils stärker, je nachdem sie sich bloss in einem, oder in mehreren Ciliarfortsätzen ramificiren. Sie dringen, die Lamellen des Tensor choroideae durchsetzend, in das vordere Ende der Ciliarfortsätze ein und zerfallen daselbst sofort in eine Anzahl langgestreckter, durch kurze Queranastomosen verbundener Capillaren, aus welchen die Wurzeln der Venen hervorgehen.

Die *Zweige für die Iris* entspringen theils selbständig, theils gemeinschaftlich mit denen des Ciliarkörpers, aus dem Circulus iridis major und betreten, nachdem sie den Ciliarmuskel durchbrochen haben, die Iris, um in der mittleren, lockeren Lamelle derselben in radiärer Anordnung und unter Abgabe zahlreicher Seitenzweige bis nahe an den Pupillarrand zu verlaufen. Dort zerfallen sie in Capillaren, welche schlingenförmig in feinste, venöse Gefässchen umbeugen. Die weitmaschigen,

capillaren Netze, welche aus den seitlichen Ramifikationen der Iris-Arterien hervorgehen, liegen, wie bereits erwähnt, zumeist in der vorderen und hinteren Lamelle der Iris; namentlich in der letzteren breiten sie sich zwischen den Bündeln der

Fig. 183.



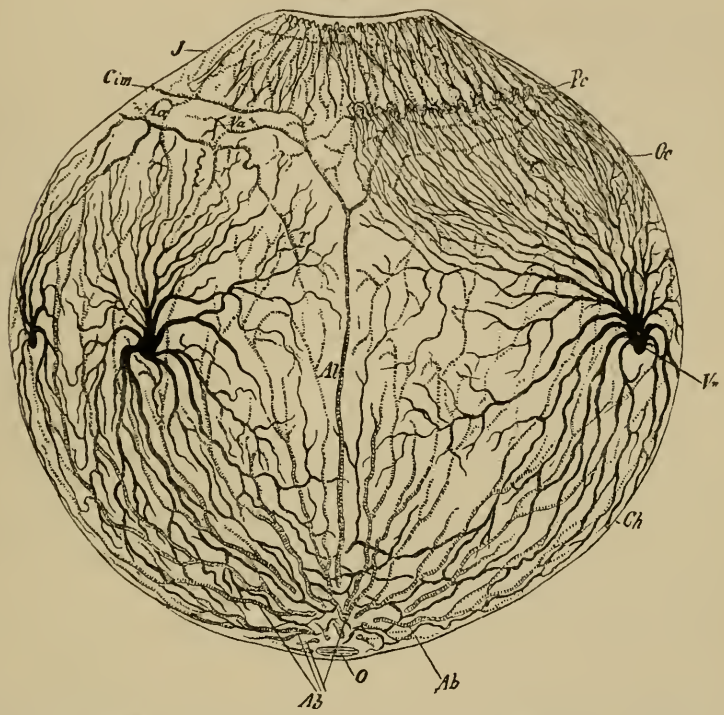
Schematische Darstellung der Gefässanordnung im Augapfel. Horizontaldurchschnitt. Die Venen schwarz, die Arterien hell. Nach *Th. Leber*.

a Arteriae ciliares posticae breves, b Art. cil. post. longa, c und c' Art. und Ven. cil. ant. d und d' Art. und Ven. conjunctiv. post., e und e' Art. und Ven. central. retinae, f Gefässe der inneren, g der äusseren Sehnervenscheide, h Vena vorticosa, i Ven. cil. post. brevis, k Zweig einer Art. cil. post. brev. zum Sehnerven, l Anastomosen der Aderhautgefässe mit denen des Sehnerven, m m Choriocapillaris, n episklerale Gefässchen, o Rücklaufender Ast einer vorderen Ciliararterie, p Querdurchschnitt des Circulus iridis major, q Gefässe der Iris, r Ciliarfortsatz, s Venenwurzeln aus dem Ciliarmuskel in die Vena vorticosa, und t gegen den *Schlemm'schen* Kanal abführend, u *Schlemm'scher* Kanal, v Gefässschlinge in den Hornhautrand, w Art. und Ven. conjunctival. ant.

Muskulatur ziemlich reichlich aus. Unter der Bezeichnung *Circulus iridis minor* versteht man einen gewöhnlich nicht vollständig geschlossenen Anastomosenkranz, welcher unweit dem Pupillarrand durch quere Verbindungsäste zwischen den radiären Arterienzweigchen der Iris gebildet wird.

Jene Zweige der Arteriae ciliares anticae, welche nicht in das Innere des Auges gelangen, ramificiren sich dendritisch in dem episkleralen Bindegewebe und vertheilen sich theils in der Sklera, theils in der Bindehaut des Augapfels, während ihre feinsten, vordersten Ausläufer durch quere Verbindungen einen Anastomosenkranz erzeugen, welcher die Hornhaut ringförmig umgibt. Aus diesem erheben sich zahlreiche vorcapillare Röhrchen, um in die oberflächlichen Schichten

Fig. 184.



Schema des Blutgefässverlaufes in der mittleren Augenhaut nach *Th. Leber*. Ansicht von der äusseren Fläche her. Auf der linken Seite ist der Ciliarmuskel erhalten gedacht, so dass die Processus ciliares verdeckt erscheinen; rechts liegen sie frei.

J Iris, Pc Processus ciliares, Oc Orbiculus ciliaris, Ch Choroidea, O Eintrittsstelle des Nerv. opticus, Aa Art. ciliar. antica, Va Vena ciliar. antica, Vo Vena vorticosa, Al Arteria ciliar. longa, Cim Circulus iridis major, Ab Arteriae ciliares breves. rr Arteriae recurrentes der Aderhaut.

der äussersten Randzone der Hornhaut einzudringen, wo sie sich noch ein- oder zweimal zertheilen und dann schlingenförmig in die Wurzeln der Venen übergehen.

Venen. Die Hauptabzugswege des Blutes aus dem Ramifikationsgebiete der Ciliararterien sind in den *Wirtelvenen* (*Venae vorticosae*) zu suchen (Fig. 183 u. 184). Es sind dies vier bis sechs grössere und einzelne unbeständige, kleinere Venenstämmchen, welche im Umkreise des Aequators des Augapfels die Sklera durchbrechen, um entweder direkt, oder durch

Vermittlung von Muskelvenen in eine der Venae ophthalmicae einzumünden. Sie entstehen in der Choroidea, indem die aus verschiedenen Bezirken derselben hervorgehenden Venenwurzeln im Aequator des Bulbus gegen eine Anzahl von Centren zusammenfliessen und in diesen durch ihre Vereinigung ganz ansehnliche, venöse Stämmchen herstellen.

Hintere Wurzeln der Wirtelvenen; sie sammeln das Blut aus den hinteren Bezirken der Choriocapillaris und reichen bis an die Stelle des Sehnerveneintrittes zurück, wo sie vielfach unter einander anastomosiren.

Seitliche Wurzeln der Wirtelvenen; sie sind sparsam und klein und gehen aus der mittleren Zone der Choriocapillaris hervor, meist ohne unter einander oder mit denen der benachbarten Wirtelvene Anastomosen einzugehen.

Vordere Wurzeln der Wirtelvenen; sie sind die stärksten und zahlreichsten und reichen mit ihren Ursprüngen bis an den Pupillarrand der Iris. Dort gehen sie aus den schlingenförmigen Umbeugungen der Endausläufer der radiären Irisarterien hervor, nehmen dann kleine Nebenästchen aus den Capillaren der vorderen und hinteren Irislamelle auf und ziehen, während sie allmälig zu grösseren Stämmchen zusammenfliessen, in radiärer Richtung gegen den Ciliarrand, um sich weiterhin mit den Venen der Ciliarfortsätze zu vereinigen. Diese letzteren setzen sich derart zusammen, dass ein stärkeres venöses Gefässchen an dem inneren Rande eines jeden Processus ciliaris von vorne nach rückwärts zieht und während dem in kurzen Intervallen und in etwas schiefer Richtung eine grössere Anzahl von Venenwurzeln in sich aufnimmt. Nachdem sich noch eine Anzahl von kleinen Stämmchen aus dem Ciliarmuskel mit ihnen vereinigt hat, ziehen alle diese venösen Gefässchen, unter wiederholten Anastomosen, in meridionaler Richtung durch den Orbiculus ciliaris nach rückwärts, nehmen noch aus der vordersten Zone der Choriocapillaris Aeste auf und fliessen allmälig unter spitzen Winkeln zusammen.

Alle diese genannten Wurzeln der Wirtelvenen liegen, soweit sie in dem glatten Antheil der Aderhaut verlaufen, mit den Ramifikationen der Arterien in einer Schichte und stellen, von dem pigmenthaltigen Stroma umhüllt, die äussere Gefässschichte der Aderhaut her.

Neben den Venae vorticosae treten die übrigen Venen des Ciliargefässbezirkes an Bedeutung weit zurück. Es sind dies ganz kleine Venen, welche die Arteriae ciliares anticae und die Arteriae ciliares posticae breves begleiten und vorzüglich das Blut aus der Sklera und dem episkleralen Bindegewebe, die ersteren auch aus dem Hornhautrand und zum Theile aus dem Ciliarmuskel ableiten. Die aus dem Ciliarmuskel stammenden Wurzeln der Venae ciliares anticae treten dabei in Beziehung zu dem bereits einmal erwähnten *Schlemm'schen Kanal.* Es ist dies ein spaltartiger, in dem vordersten Abschnitt der Sklera gelegener, von einer endothelialen Zellenlage ausgekleideter Raum, welcher den Rand der Hornhaut kreisförmig umgreift. Er wird nicht vollständig von dem Gewebe der Sklera umschlossen, sondern ist an seiner hinteren — inneren — Wand nur von dem verdichteten Netzwerk des Ligamentum pectinatum bedeckt, so dass nach Entfernung des letzteren und der endothelialen Auskleidung eine mehr oder weniger tiefe Furche an dem vorderen Saum der Sklera übrig bleibt (*Skleral-*

rinne). Dabei ist jedoch zu betonen, dass die endotheliale Auskleidung des Kanales eine vollkommen geschlossene ist, und so im Leben eine direkte Communikation desselben mit der vorderen Augenkammer nicht besteht.

Schwalbe, welchem wir die genauere Kenntniss der Beziehungen des *Schlemm-schen* Kanales zu den umgebenden Geweben vorzüglich verdanken, ist indessen zu der Ansicht gelangt, dass er nicht zum venösen System gehöre, sondern als ein Lymphraum betrachtet werden müsse, welcher mit der vorderen Augenkammer in Communikation stehe.

Diese Anschauung, welcher unter Anderen auch *Waldeyer* zustimmt, wird hauptsächlich damit begründet, dass färbende Flüssigkeiten, welche in die vordere Augenkammer injicirt werden, constant auch in den *Schlemm'schen* Kanal gelangen. Abgesehen aber davon, dass diese Thatsache leicht durch Zerreissung des zarten, endothelialen Ueberzuges, in Folge selbst des schwächsten Injectionsdruckes erklärlich ist, spricht eine ganze Reihe anderer, sichergestellter Momente ganz entschieden gegen die Auffassung *Schwalbe's*: Vor Allem der von Niemand bezweifelte direkte Zusammenhang des *Schlemm'schen* Kanales mit den vorderen Ciliarvenen; dann das von verschiedenen Autoren beobachtete, wenn auch verhältnissmässig seltene Vorkommen von Blut in seiner Lichtung an dem herausgenommenen, nicht injicirten Auge; und endlich der Umstand, dass der *Schlemm'sche* Kanal entweder ganz (wie bei manchen Thieren) oder streckenweise (wie mitunter beim Menschen) durch ein dichtes, mit den Ciliarvenen zusammenhängendes Venengeflecht ersetzt sein kann.

Gestützt auf diese Umstände und auf die Ergebnisse künstlicher Injectionen muss ich mich mit *Leber* ohne Rückhalt gegen die Anschauung *Schwalbe's* erklären. Ich füge hinzu, dass es mir bei einem vierjährigen Kinde und bei einem erwachsenen Mädchen gelungen ist, den *Schlemm'schen* Kanal durch Injection von Berlinerblau zu erfüllen, und zwar bei dem ersteren von der Carotis, bei letzterem von der Vena ophthalmica aus. An jungen Hunden gelingt die Injection des entsprechenden Geflechtes ohne alle Schwierigkeit.

Es muss somit der *Schlemm'sche* Kanal als ein Anastomosenkranz betrachtet werden, welcher die aus dem Inneren des Auges, d. h. aus dem Ciliarmuskel, hervortretenden Wurzeln der vorderen Ciliarvenen unter einander verbindet und durch zahlreiche, gegen das episklerale Gewebe vordringende Stämmchen seinen Abfluss besitzt. Die letzteren, sowie die im episkleralen Gewebe gelegenen Ausbreitungen der vorderen Ciliarvenen, sind durch reichliche Netzbildungen ausgezeichnet.

Lymphbahnen des Augapfels. Man kennt bis jetzt keine Methode, nach welcher sich in den Gebilden des menschlichen Augapfels wahre Lymphgefässe darstellen liessen. Es muss daher künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben, zu entscheiden, ob solche in ihm überhaupt vorhanden sind oder nicht.

Indessen ist seit einer Reihe umfassender Untersuchungen *Schwalbe's* bekannt geworden, dass sich gewisse Interstitien zwischen den häutigen Bestandtheilen des Augapfels und des Sehnerven mit Injectionsmasse erfüllen lassen, und dass es so möglich wird, ein System von zusammenhängenden Räumen zu demonstriren, welche in letzter Linie mit dem Subdural- und mit dem Subarachnoidealraum der Schädelhöhle communiciren. Es sind dies folgende: der *Perichoroidealraum*, d. i. der

Raum zwischen Sklera und Choroidea, und der *Tenon'sche Raum,* d. i. der Raum, welcher durch die *Tenon'sche* Kapsel eingeschlossen ist; die Communikation zwischen beiden wird dadurch hergestellt, dass Injectionsmasse aus dem ersteren in den letzteren an den Durchbruchsstellen der Venae vorticosae passiren kann. Der *Tenon'sche* Raum setzt sich seinerseits nach rückwärts auf den Sehnerven fort (*supravaginaler Raum*), welchen er bis an das Foramen opticum umgibt; an letzterer Stelle findet die Injectionsmasse ihren Weg in die Schädelhöhle, und zwar in den Subduralraum. Ausserdem lassen sich durch direkten Einstich, oder von dem Subarachnoidealraum des Schädels her, die Räume zwischen den Sehnervenscheiden erfüllen (dieselben werden auch als *intervaginale* oder *epivaginale* Räume bezeichnet). Von da aus kann man weiter die Injectionsmasse in den Perichoroidealraum (aber nicht umgekehrt) übergehen sehen. Ferner dringen gefärbte Flüssigkeiten, welche in die vordere Augenkammer injicirt werden, in den *Schlemm-schen* und in den *Petit'schen Kanal,* und endlich erfüllen sich von den früher genannten Räumen aus, bei hinreichend starkem Drucke, auch die Saftlücken der Sklera, der fibrösen Sehnervenscheide u. s. w.

Alle diese Räume sind nun als Lymphräume erklärt worden, um so mehr, als sich an den meisten von ihnen eine endotheliale Auskleidung nachweisen lässt. Es kann auch nicht geläugnet werden, dass sie während des Lebens wohl ohne Ausnahme, wenn auch zum Theile nur in ganz minimaler Menge, sogen. *seröse* (*lymphserumartige*) Flüssigkeit, mitunter auch lymphoide Zellen enthalten mögen. Doch ist nicht nachgewiesen worden, dass dies wirklich Lymphe im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, und eben so wenig lässt sich constatiren, ja es ist in höchstem Grade unwahrscheinlich, dass eine irgendwie regelmässige Strömung dieser Flüssigkeit innerhalb und zwischen diesen Räumen stattfindet, um so weniger, da dieselben mit wahren Lymphgefässen an keiner Stelle in direkter Communikation stehen. Wohl aber steht es ausser allem Zweifel, dass der Perichoroidealraum, der *Tenon'sche* und der supravaginale Raum die Beweglichkeit des Augapfels und des Sehnerven, beziehungsweise der Choroidea gegen die Sklera ermöglichen; und so müssen sie wohl in erster Reihe als Gelenksräume aufgefasst werden. Eine ähnliche Bedeutung dürften auch die intervaginalen Räume des Sehnerven für sich in Anspruch nehmen.

Die Augenkammer und der *Petit'sche* Kanal sind Räumlichkeiten besonderer Art, deren Vorhandensein in dem ganzen Bau des Augapfels selbst begründet ist, und welche allenfalls den serösen Räumen an die Seite gestellt werden könnten. Sie haben nirgends einen direkten Abfluss gegen das Lymphgefässsystem, auch nicht wenn man den *Schlemm'schen* Kanal zu diesem rechnen wollte. Nimmt man selbst an, dass bezüglich

aller dieser Räume eine solche Communikation durch Vermittlung der Saftlücken und der zwischen den Gehirnhäuten befindlichen Räume zu Stande komme, so dürfte es dennoch kaum zweckmässig sein, dieselben kurzweg als Lymphräume hinzustellen. Es wird dadurch keineswegs ihre nächstliegende Bedeutung bezeichnet: ebensowenig, als das Wesen des Peritoneal- oder Pleuralraumes richtig gekennzeichnet wäre, wenn man sie einfach unter die Lymphräume stellen würde.

Die Nerven des Augapfels. Nebst dem specifischen Sinnesnerven findet noch eine Anzahl sowohl sensibler, als auch motorischer Nerven ihre Ausbreitung in den Gebilden des Augapfels. Sie stammen zum grössten Theile aus dem Ganglion ciliare (*Nervi ciliares breves*), zum Theile aber auch aus dem Nervus naso-ciliaris (*Nn. ciliares longi*). Ihre nächsten Ramifikationsverhältnisse im Inneren des menschlichen Auges sind schon vor langer Zeit durch *Bochdalek* festgestellt worden. Die meisten von ihnen durchbohren in der Umgebung des Sehnerveneintrittes die Sklera, geben dabei an diese zarte Fädchen ab und verlaufen an deren inneren Fläche, zum Theile in seichten Rinnen, nach vorne, während sie durch wiederholte feine Queranastomosen sich netzartig verbinden. Dabei senden sie der Choroidea, namentlich den in ihr verlaufenden Arterien und Muskelfaserbündeln dünne Zweigchen zu. Schon hier sind den Nervenfaserbündeln einzelne, oder zu kleinen Gruppen geordnete Ganglienzellen beigemengt. Bei weitem reichlicher aber treten diese letzteren auf, wenn die Ramifikationen der Ciliarnerven bis in das Gebiet des Corpus ciliare vorgedrungen sind. Es entwickelt sich daselbst aus diesen ein dichter, mit zahlreichen Ganglienzellengruppen durchsetzter Plexus markhaltiger und markloser Fasern (*Orbiculus gangliosus*), welcher der äusseren Oberfläche des Ciliarmuskels aufliegt und allenthalben feine Faserbündel zu diesem, zur Iris und zur Hornhaut entsendet.

Die *Nerven des Ciliarmuskels* bilden zwischen den einzelnen Schichten desselben stark entwickelte, interlaminare Netze, welche ebenfalls eine beträchtliche Anzahl von rundlichen Ganglienzellen in sich schliessen. Auch in den Ciliarfortsätzen sind feine Netze markloser Nervenfasern nachgewiesen worden (*Grünhagen*), welche wahrscheinlich zu den Blutgefässen in Beziehung stehen.

Die *Nerven der Regenbogenhaut* durchsetzen, wie die Blutgefässe, die mittlere, lockere Lamelle und verlieren auf diesem Wege früher oder später ihre Markscheide (*A. Meyer*). Sie schicken sich gegenseitig reichliche Anastomosen zu und breiten sich schliesslich netzartig in dem Sphincter pupillae aus. Ausserdem ist ein sensibles, aus feinsten marklosen Fasern bestehendes Nervennetz in der vorderen Begrenzungslamelle

nachgewiesen worden (*A. Meyer*), sowie auch ein sehr blasses, zartes Netzwerk in der hinteren Lamelle, welches dem sympathischen System zugerechnet wird, und für den Dilatator pupillae bestimmt sein soll (*Iwanoff*).

Die *Nerven der Hornhaut* sind seit *Schlemm* bei Thieren, seit *Bochdalek* beim Menschen gekannt und in ihrem feineren Verhalten durch *Kölliker, Hoyer, Cohnheim* u. A. näher erforscht worden. Sie gehen aus der vordersten Zone des Orbiculus gangliosus hervor, treten in die Sklera über und tauschen daselbst, im Umkreise der Hornhaut,

Fig. 185.

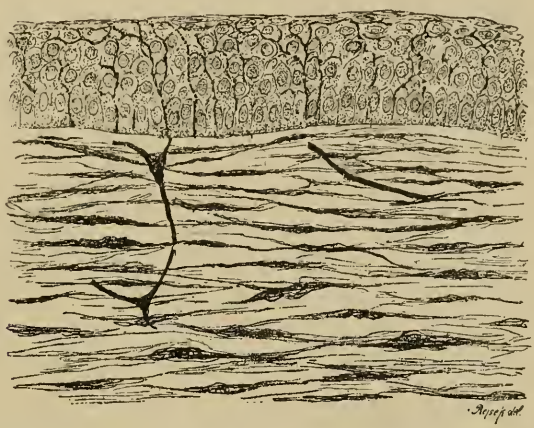
Nerven der Hornhaut von der Fläche her gesehen. — Abschnitt einer mit Chlorgold präparirten Hornhaut des Frosches. (Hartnack, Object. V, Ocul. 2.)

gegenseitig Fasern aus. Einzelne Stämmchen gehen nun constant zunächst in die Bindehaut ein, um erst von dieser aus feine, marklose Fasern an die oberflächlichen Schichten des peripheren Hornhautgebietes abzugeben. Die überwiegende Mehrzahl der Nervenstämmchen dringt aber direkt aus der Sklera in die tieferen Schichten der Hornhaut ein.

Diese bestehen zumeist aus markhaltigen Fasern, welche jedoch bald, nachdem sie die Hornhaut betreten haben, ihre Markscheide verlieren und weiterhin nur mehr als nackte Axencylinder, zu gröberen Bündeln vereint, verlaufen. Die letzteren zerspalten sich jedoch in rascher Folge (Fig. 185) und stellen durch gegenseitige Anastomosen

ein über die ganze Hornhaut verbreitetes, weitmaschiges Netzwerk her. Dieses nimmt im Allgemeinen die tieferen Schichten der Hornhaut ein. Aus ihm zweigen sich in kurzen Abständen zahlreiche, feine Faserbündel ab, dringen in die oberflächlichen Schichten der Hornhaut vor, und bilden durch vielfache Theilungen und Anastomosen ein zartes, dicht unter der vorderen Basalmembran gelegenes Geflecht (*subbasaler Plexus*). In demselben zerfallen die Axencylinder zu feinsten Fibrillen, welche dann entweder einzeln, oder zu dünnen Bündeln vereint, die Basalmembran durchbrechen und sich zwischen den Zellen der tiefsten Epithellage abermals zu einem feinmaschigen Geflecht (*subepithelialer Plexus*) vereinigen.

Fig. 186.



Senkrechter Durchschnitt durch eine mit Chlorgold imprägnirte Hornhaut des Meerschweinchens. Nervenausbreitung im Epithel. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 2.)

Von hier aus erheben sich zahlreiche, feinste Nervenfibrillen, um sich zwischen den Zellen des Hornhautepithels auszubreiten und daselbst feinzugespitzt, oder mit knöpfchenförmigen Anschwellungen zu endigen.

Es ist nun noch nachzuholen, dass die Lagerungsstätten der stärkeren Nervenfaserbündel in der Hornhaut eigene, mit Endothel (*Ranvier, Thanhoffer*) ausgekleidete Kanäle sind, welche mit den Saftlücken des Hornhautgewebes communiciren. Sie sind desshalb auch als lymphatische Räume aufgefasst worden. Die feineren Hornhautnerven verlaufen nach *Waldeyer* zum Theil in den Saftkanälchen, zum Theil aber in selbständigen Kanälchen.

2) Accessorische Bestandtheile des Sehapparates.

Die Bindehaut (Conjunctiva). Sie ist im Allgemeinen nach Art der Schleimhäute, jedoch an ihren verschiedenen Abschnitten nicht ganz gleichmässig gebaut.

An der *Conjunctiva palpebralis* ist die Tunica propria aus fein fibrillirtem Bindegewebe zusammengesetzt, welches stets reich mit lymphoiden Zellen durchsetzt ist, manchmal sogar stellenweise scheinbar den Charakter des adenoiden Gewebes annimmt. In dem Bereiche des Tarsus ist die Oberfläche der Tunica propria ziemlich glatt, gegen den Lidrand hin aber mit steilen Papillen versehen. Jenseits des Tarsus (in dem *Orbitaltheile des Lides — Henle*) zeigen sich an ihr zahlreiche, seichtere und tiefere, durch schmale Leistchen getrennte Furchen, welche übrigens bei verschiedenen Individuen in sehr wechselndem Maasse entwickelt sind. Eine submucöse Schichte fehlt in dem Tarsaltheile gänzlich, da hier die Tunica propria unmittelbar an das Gewebe des Lidknorpels angrenzt. In dem Orbitaltheile ist sie durch ihr lockeres Gefüge ausgezeichnet.

Das Epithel erweist sich nicht an allen menschlichen Objekten von gleicher Beschaffenheit. Wie weit dabei etwa vorausgegangene Erkrankungen von Einfluss sind, muss dahingestellt bleiben, jedenfalls aber kann nur darin die Ursache gesucht werden für die grossen Differenzen in der Beschreibung dieses Epithels von Seite verschiedener Autoren. In vielen Fällen findet man es an der ganzen Lidbindehaut aus blassen, cylindrischen Zellen zusammengesetzt, und am Grunde derselben, zwischen ihren zugespitzten Enden, kleine, rundliche Zellen in beträchtlicher Zahl eingelagert. In den verschiedenen Vertiefungen der Schleimhaut erscheinen die Cylinderzellen sehr langgestreckt, zwischen sie auch noch spindelförmige Zellen eingeschoben, so dass annähernd das Bild des geschichteten Cylinderepithels entsteht. Diese Form des Epithels, welcher die Darstellung *Waldeyer's* entspricht, ist, wie dieser Forscher hervorhebt, gewöhnlich noch durch reichliche Becherzellen ausgezeichnet.

In anderen Fällen, und zwar finde ich dies constant bei Kindern, aber nicht selten auch bei Erwachsenen, besitzt das Epithel der *tarsalen* Bindehaut ganz entschieden den Charakter des geschichteten Pflasterepithels. Man sieht da, der Schleimhaut unmittelbar aufsitzend, eine Lage cylinderähnlicher Zellen; auf diese folgen zwei oder drei Lagen rundlicher Zellen und diese werden durch mehrere Schichten abgeplatteter, mitunter selbst schüpppchenartiger, aber stets kernführender Zellen bedeckt. Diese Fälle sind es auch, in welchen die wirkliche Existenz der viel bestrittenen, schlauchförmigen Drüsen der Conjunctiva (*Henle'sche Drüsen*) festgestellt werden kann. Es sind dies kurze, einfache, seltener am Grunde gespaltene Schläuche, deren Auskleidung durch lange, cylindrische Secretionszellen hergestellt ist. Ihre Zahl ist sehr verschieden; man findet sie mitunter ganz vereinzelt, ein anderes Mal aber in erheblicher Menge und ziemlich nahe an einander gerückt. Eine andere Art von Drüsen (*die Krause'schen Drüsen*),

welche mitunter der Conjunctiva zugezählt werden, soll bei den Lidern Erwähnung finden.

Im *Uebergangstheil der Conjunctiva* ist die Tunica propria ziemlich dünn, von glatter Oberfläche. Unter ihren Bauelementen wiegen die Bindegewebsbündel gegenüber den lymphoiden Zellen mehr vor; auch treten zwischen denselben feine, elastische Fasernetze auf. In einzelnen Fällen kommen jedoch circumscripte, follikelähnliche Herde von adenoidem Gewebe in ihr zur Beobachtung. Das submucöse Bindegewebe ist reichlich entwickelt, sehr locker gewebt und mit zahlreichen, gröberen und feineren elastischen Fasernetzen durchsetzt. Das Epithel ist hier stets ein geschichtetes Cylinderepithel, die Zellen der oberflächlichsten Lage sehr häufig becherförmig ausgeweitet. Eigene Drüsen der Conjunctiva kommen in dem Uebergangstheile nicht vor.

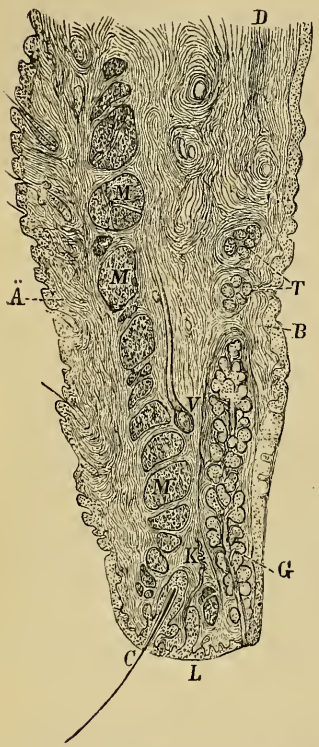
Die *Conjunctiva bulbi* ist ähnlich wie der Uebergangstheil gebaut, jedoch gewinnt das Epithel in einiger Entfernung von dem Hornhautrande wieder den Charakter des geschichteten Pflasterepithels und geht dann continuirlich in das Epithel der Hornhaut über. In der Nähe des Limbus conjunctivalis finden sich bei Thieren, in seltenen Fällen auch beim Menschen, kleine, grubige Vertiefungen der Schleimhaut, welche mitunter bauchig ausgeweitet sind und so einen etwas verengten Zugang erhalten. Sie sind unter dem Namen der *Manz'schen Drüsen* bekannt, dürften jedoch kaum als eigentliche Drüsen anzusehen sein, da ihre Auskleidung einfach durch das Epithel der Conjunctiva hergestellt wird.

Gefässe und Nerven werden gemeinschaftlich mit denen der Lider abgehandelt werden.

Die Lider. Als das formgebende Gerüst der Lider erscheint eine aus derbfaserigem Bindegewebe gebildete Platte, der *Tarsus* (fälschlich *Lidknorpel* genannt). Er hängt mit der den Ausgang der Augenhöhle abschliessenden Fascie (*Septum orbitale*), und im oberen Lide auch mit den Ausstrahlungen der Sehne des Musculus levator palpebrae superioris continuirlich zusammen, so dass im Orbitaltheil des Lides diese Bindegewebsmassen an die Stelle des Tarsus treten. Nach vorne ist diesen Gebilden der Palpebraltheil des Musculus orbicularis oculi aufgelagert und an diesen schliesst sich die äussere Haut an. Nach rückwärts ist an den Tarsus unmittelbar die Conjunctiva angefügt, während zwischen der Sehne des M. levator palpebrae (beziehentlich dem Septum orbitale) und der Conjunctiva noch ein aus glatten Fasern zusammengesetzter Muskel, *der Müller'sche Lidmuskel,* eingeschoben ist. Der Uebergang der äusseren Haut in die Conjunctiva bereitet sich an der Lidrandfläche vor, erfolgt aber erst vollständig an der hinteren

Kante derselben. Besonders bemerkenswerth ist die Einlagerung zahlreicher, verschiedenartiger Drüsen im Bereiche der Lider. Es sind dies: die *Meibom'schen Drüsen,* dann *gewöhnliche Talgdrüsen* im Anhang an die Cilienhaare, ferner *Schweissdrüsen,* und zwar neben der gewöhnlichen Form noch die sogen. *Moll'schen Knäueldrüsen* und endlich die *accessorischen Thränendrüsen.*

Fig. 187.



Sagittaler Durchschnitt durch das obere Augenlid des Menschen, nach Härtung in Chromsäure und Alkohol.

Ä Aeussere Haut, M Palpebraltheil des Musc. orbicularis oculi, C Cilien, L Lidrandfläche, K Knäueldrüse, G *Meibom'sche* Drüse, von dem Tarsus umschlossen, B Bindehaut, T accessorische Thränendrüsen, D *Müller'scher* Lidmuskel, V Querschnitt der Arteria palpebralis. (Hartnack, Obj. II, Ocul. 2.)

Mit Bezug auf die einzelnen Bestandtheile der Lider ist folgendes hervorzuheben:

Der *Tarsus* ist eine aus fibrillärem Bindegewebe äusserst fest und dicht gewebte Platte, welche einerseits mit der Bindehaut innig verschmolzen ist, andererseits aber auch an ihrer vorderen Fläche und an den Rändern ihre Elemente mit denen des umliegenden Bindegewebes austauscht. Die ehemals verbreitete Annahme, dass in ihr Knorpelzellen vorkommen, ist nicht richtig, wohl aber enthält sie in nicht geringer Zahl gewöhnliche, platte Bindesubstanzzellen. In ihrer Substanz sind zahlreiche, den *Meibom'schen* Drüsen und den Blutgefässen derselben entsprechende Lücken enthalten.

Das übrige *Bindegewebsstroma* der Lider ist aus leimgebenden Fibrillenbündeln und elastischen Fasernetzen ziemlich locker geformt und im Ganzen zu mehrfachen, der Fläche des Lides nach ausgebreiteten Lamellen geordnet. Auffallend ist, dass gewöhnlich eine grössere Anzahl der Bindesubstanzzellen gelbes oder bräunliches, körniges Pigment enthält.

Ueber den im Bereiche der Lider gelegenen Theil des *Musculus orbicularis oculi* ist zu bemerken, dass er ausschliesslich aus quergestreiften Fasern besteht, und dass seine ganz locker an einander gefügten Bündel sämmtlich vom inneren gegen den äusseren Lidwinkel verlaufen. Ein aus einzelnen, dünnen Bündeln bestehender, dem Lidrand zunächst gelegener Theil dieses Muskels schiebt sich stets hinter die Bälge der Cilienhaare ein, so dass er zwischen diesen und den Ausführungsgängen der *Meibom'schen* Drüsen verläuft; es ist dies der *Lidrandmuskel* (*Musculus*

ciliaris Riolani). In manchen Fällen findet man auch an der hinteren Seite dieser Ausführungsgänge eine kleine Gruppe von Muskelfasern.

Der *Müller'sche Lidmuskel* gehört dem orbitalen Theile der Lider an; er liegt flach der Conjunctiva auf, seine platten Faserbündel laufen sowohl im oberen als im unteren Lid senkrecht zum Lidrande, stehen aber nicht selten durch schiefe, anastomotische Bündel unter einander in Zusammenhang. Sie sollen sich mittelst elastischer Sehnen an den Tarsus anheften.

Die *äussere Haut* ist im Bereiche der Lider sehr dünn, mit feinen Wollhaaren und kleinen Schweissdrüsen gewöhnlicher Form besetzt; das Stratum subcutaneum ist locker gewebt, reichlich mit feinen, elastischen Fasernetzen ausgestattet. Es bleibt stets frei von Fettgewebe, jedoch kommen bei wohlgenährten Individuen in erheblicher Zahl zerstreute Fettzellen vor. Die an der vorderen Kante des Lidrandes austretenden *Wimperhaare* (*Cilien*) zeichnen sich durch verhältnissmässig lange Wurzeln, beziehungsweise tiefsitzende Haarbälge, aus, welche letzteren schräg zu der Vorderfläche des Lides eingepflanzt sind. Sie sind wahrscheinlich einem rascheren Wechsel unterworfen, als die meisten übrigen Haare (ihre Lebensdauer soll sich auf annähernd 100 Tage belaufen); wenigstens findet man bei ihnen auffallend häufig junge Ersatzhaare in verschiedenen Stadien der Ausbildung und nicht selten auch leere Haarbälge.

Die Ueberkleidung der *Lidrandfläche* trägt im Allgemeinen den Charakter der äusseren Haut, doch ist sie gegenüber der Haut der vorderen Lidfläche durch ein sehr straffes Gefüge ausgezeichnet und besitzt überdies stark entwickelte, kegelförmige Papillen. Die tieferen Lagen der Epidermis sind an ihr gewöhnlich reich mit gelbem, körnigem Pigment versehen.

Die *Meibom'schen Drüsen* (*Tarsaldrüsen*) sind nach ihrem feineren Bau und nach der Beschaffenheit ihres Secretes als Talgdrüsen zu betrachten. Abweichend von diesen ist nur ihre äussere Gestalt und der Umstand, dass sie in keinerlei Beziehung zu Haarbälgen stehen. Eine jede *Meibom'sche* Drüse besteht aus einer grossen Zahl einfacher, oder zwei- bis dreifach gespaltener Drüsenblasen, welche einen gemeinschaftlichen, langen Ausführungsgang von allen Seiten umstellen und durch kurze, schiefgestellte Kanälchen sich in denselben öffnen. Alle *Meibom'schen* Drüsen sind in Lücken des Tarsus eingegraben und dicht von dem Gewebe desselben umschlossen. Ein jedes Lid enthält deren etwa 30—40. Sie stehen in einfacher Reihe neben einander, die Gänge senkrecht zu dem Lidrande gerichtet. Da sie durchwegs fast die ganze Höhe des Tarsus einnehmen, so sind die mittleren die längsten, die näher den Lidwinkeln befindlichen bedeutend kürzer. Ihre Mündungen

sind als feine Poren an der inneren Kante des Lidrandes leicht mit freiem Auge zu erkennen. Der Bau der Drüsenblasen ist, wie erwähnt, ganz übereinstimmend mit dem der gewöhnlichen Talgdrüsen (S. 568).

Die *Moll'schen Drüsen* sind eigenthümlich modificirte Schweissdrüsen, welche nahe dem Lidrande, hinter den Wimperhaaren eingebettet sind und mit ihrem leicht geschlängelten Ausführungsgange gewöhnlich in den Balg eines Wimperhaares münden. Sie sind ziemlich zahlreich, liegen in der Mehrzahl der Fälle vor dem Lidrandmuskel, nahe dem Grunde der Cilienhaarbälge, werden aber mitunter auch von allen Seiten von den Bündeln dieses Muskels umgriffen. Anstatt des typischen Knäuels der Schweissdrüsen findet man die gewöhnlich stark erweiterten, tieferen Parthieen des Drüsenschlauches einige Male in spiraligen Touren gedreht. Der feinere Bau, namentlich was die Drüsenzellen und die glatte Muskellage anlangt, ist derselbe wie bei den gewöhnlichen Schweissdrüsen (*Sattler*).

Die accessorischen Thränendrüsen (*Krause'schen Drüsen*) sind kleine, traubenförmige Drüschen, welche jenseits des convexen Randes des Tarsus in dem Bindegewebsstroma des Lides eingelagert sind. Zufolge der Beschaffenheit ihrer Secretionszellen müssen sie den serösen Drüsen zugezählt werden. Die kurzen Ausführungsgänge tragen eine Auskleidung von schlanken Cylinderzellen und ziehen meist in gerader Richtung durch die Bindehaut, an deren Oberfläche sie ausmünden. Die accessorischen Thränendrüsen sind im oberen Lid bedeutend reichlicher, als im unteren vertreten, und ebenso wieder zahlreicher im lateralen, als wie in dem medialen Antheil desselben.

Blutgefässe. Die Lider und die Bindehaut repräsentiren ein gemeinschaftliches Gefässgebiet, welches durch die Arteriae palpebrales (Zweige der Art. lacrymalis und der Art. naso-frontalis) gespeist wird. Die in ein jedes Lid von der lateralen und medialen Seite eintretenden Arteriae palpebrales verlaufen nahe dem convexen Rande des Tarsus und bilden, indem sie sich unter einander vereinigen, den *Arcus tarseus*. Von diesem aus geht eine Reihe von feinen Zweigchen vor den Tarsus hin und versorgt die Haut, die Mukeln und die Drüsen, mit Einschluss der *Meibom'schen* Drüsen. Eine zweite Reihe von Zweigchen zieht hinter den Tarsus und versorgt die Conjunctiva. Beide Reihen stehen durch anastomotische Gefässchen, welche den Tarsus durchsetzen, in Verbindung.

In der Conjunctiva lösen sie sich in ein dichtes, unmittelbar unter dem Epithel befindliches Capillarnetz auf, welches im palpebralen Antheil am reichlichsten entwickelt ist. Hier zeigen die Capillaren jene eigenthümlichen, von *C. Langer* zuerst beschriebenen halbkugelförmigen Vorbauchungen, von welchen schon oben (S. 345) Erwähnung geschehen ist. In der Conjunctiva bulbi ist das capillare Netzwerk ziemlich weit-

maschig, um so reichlicher sind aber die in dem submucösen (episkleralen) Bindegewebe gelegenen, durch zahlreiche Anastomosen netzartig verbundenen, kleinen Arterien und Venen. Es ist als ein besonders wichtiger Umstand zu betonen, dass die aus dem Arcus tarseus hervorgegangenen Bindehautgefässe in dem Umkreise der Hornhaut vielfach mit den Ausläufern der Arteriae und Venae ciliares anticae in anastomotische Verbindung treten, und dass sich die letzteren an der genannten Stelle durch constante Zweigchen an der Versorgung der Bindehaut mit betheiligen (*Art. conjunct. anteriores*). Es wird so einerseits der intraoculare Kreislauf mit dem der Bindehaut und der Lider in Verbindung gesetzt, andererseits aber wird auch dem Randschlingennetz der Hornhaut Blut aus den Lidarterien zugeleitet, ebenso, wie es durch die ihnen entsprechenden Venen zum Theile seinen Abfluss finden kann.

Die Venenwurzeln erscheinen in der Conjunctiva als kurze, relativ weite Gefässchen, deren jedes das Centrum eines umgrenzten, kleinen Bezirkes des Capillarsystemes bildet (*Langer*). In den tieferen Schichten entsteht dann durch gegenseitige Anastomosen dieser Gefässchen ein venöses Netzwerk. Die aus dem letzteren heraustretenden Stämmchen, sowie die kleineren Venen der Lider ziehen im Allgemeinen parallel den entsprechenden Arterien, während die stärkeren Venen weiterhin einen von den Arterien abweichenden Verlauf nehmen.

Lymphgefässe. Sie bilden in den Lidern in ähnlicher Weise, wie die Blutgefässe, zwei besondere Netze, von denen eines vor, das andere, und zwar das bei weitem stärkere hinter dem Tarsus gelegen ist; beide stehen durch spärliche, den Tarsus durchsetzende Gefässchen, und ausserdem an dem Lidrande in gegenseitiger Verbindung (*Fuchs*).

In der Conjunctiva bulbi zieht sich ein capillares Lymphgefässnetz durch die Tunica propria hin. Die Maschenräume desselben sind nach der Peripherie hin ziemlich weit und unregelmässig, werden jedoch in der unmittelbaren Umgebung der Hornhaut klein und gleichmässig rundlich; das Kaliber der Gefässchen selbst ist an letzterem Orte bedeutend geringer. Mehrfachen Erfahrungen zufolge muss ich der Ansicht *Teichmanns* beistimmen, dass das Lymphgefässnetz am Rande der Hornhaut vollständig abgeschlossen ist. Zackige Ausläufer desselben in das Hornhautgewebe, wie sie *Waldeyer* und Andere beschreiben, dürften wohl nur durch Extravasation der injicirten Masse zu Stande kommen.

Aus dem capillaren Netzwerke der Schleimhaut führen zahlreiche, etwas stärkere, ableitende Gefässchen in die Submucosa und sammeln sich dort zu klappenführenden Stämmchen, welche unter einander anastomosiren und im Allgemeinen die Richtung gegen den inneren und äusseren Lidwinkel einschlagen. Es ist nicht schwer zu constatiren, dass

die gesammte Lymphe der Conjunctiva und der Lider, wie dies, zum mindesten für die letzteren, bereits *Mascagni* bekannt war, schliesslich ihren Abfluss gegen die Gesichtsgegend findet; und zwar ziehen von dem inneren Augenwinkel aus ein oder zwei Lymphgefässstämmchen entlang der Vena facialis anterior herab zu den Glandulae lymphaticae submaxillares, und eben solche von dem äusseren Augenwinkel über das Jochbein weg zu den Glandulae auriculares anteriores.

Nerven der Conjunctiva und der Lider. Die gröberen Nervenstämmchen, welche von beiden Seiten, aber auch von oben, beziehungsweise von unten her die Lider betreten, geben zunächst zahlreiche feine Zweigchen in auf- und absteigender Richtung zu den Muskeln und zur Haut. Der Lidtheil der Conjunctiva erhält auf doppeltem Wege seine Nerven. Ein Theil derselben tritt von dem peripheren Rande des Tarsus her in sie ein, ein anderer geht von einem feinen Nervenplexus aus, welcher von *Mises* beschrieben und als *Randplexus des Lides* bezeichnet worden ist. Derselbe hat seinen Sitz vor dem Tarsus, in der Gegend des Grundes der Cilienbälge, und entsendet seine Faserbündel zu der Haut des Lidrandes, zu den umliegenden Muskeln und zu dem Tarsaltheile der Conjunctiva. Die für den letzteren bestimmten Faserbündel durchbrechen unweit von dem Lidrande den Tarsus und breiten sich mit auf- und absteigenden Zweigchen in der Conjunctiva aus. Ihre Endigung in derselben ist noch nicht genauer bekannt. Ein Nervengeflecht, welches nach *Colasanti* die Formationen der *Meibom'schen* Drüsen umstricken soll, konnte weder von *W. Krause* noch von *Mises* bestätigt werden.

In der Conjunctiva bulbi sind dünne Bündel markhaltiger Nervenfasern leicht auf grössere Strecken zu verfolgen; sie selbst, sowie die einzelnen Fasern, theilen sich wiederholt und stehen mit den benachbarten Bündeln durch Faseraustausch in reichlicher Verbindung. Von ihnen lösen sich einzelne Nervenfasern ab, welche nach *Krause* ohne Ausnahme schliesslich in Endkolben (S. 320) übergehen. *Waldeyer* konnte aber, wie auch andere Forscher, den Uebergang von markhaltigen Fasern in marklose auf das bestimmteste verfolgen und beobachten, dass schliesslich ein Theil derselben an die Blutgefässe herantritt, ein anderer Theil aber in das Epithel eindringt und zwischen den Zellen des letzteren endiget.

In der Haut des Lidrandes hat *W. Krause Meissner'sche* Tastkörperchen beschrieben; sie haben ihren Sitz in den Papillen.

Die Thränendrüse. Sie ist nach dem acinösen Typus gebaut und gleicht mit Bezug auf die Ramifikation der kleineren Drüsengänge, sowie in den feineren histologischen Details der Acini, ganz der Ohrspeicheldrüse; sie ist demnach, wie es auch die Beschaffenheit ihres

Secretes ergibt, eine seröse Drüse. Ihre Ausführungsgänge sammeln sich aus den locker an einander gefügten Läppchen und münden im Uebergangstheile der Conjunctiva aus. Es sind deren etwa 4—5 grössere, welche der compacten Masse der Thränendrüse enstammen, und 8—10 kleinere, welche einzelnen, zerstreut liegenden Läppchen angehören. Sie lassen sich durch geeignete Methoden von dem Conjunctivalsack her mit Injectionsmasse erfüllen.

Die Thränenröhrchen. Ihre Wandung besteht aus einer von dichten, elastischen Fasernetzen durchsetzten, sehr gefässreichen Bindegewebslage und aus einer Bekleidung von schön entwickeltem, geschichtetem Pflasterepithel. Unmittelbar der Wandung anliegend ziehen, dem horizontalen Theile der Thränenröhrchen entlang, die Fasern des palpebralen Antheiles des Musculus orbicularis oculi; namentlich ist es der *Horner'sche* Muskel, welcher ihrer hinteren Seite sich anschmiegt. Auch der vertical gerichtete Anfangstheil der Thränenröhrchen wird von netzförmig durchkreuzten, aus dem Lidmuskel abgezweigten Fasern dicht umsponnen. Acinöse Drüsen, welche den Thränenröhrchen gewöhnlich zugeschrieben werden, habe ich niemals gesehen.

Der Thränensack und der Thränennasengang. Man muss an ihrer Wandung eine äussere Faserhaut und eine Schleimhaut unterscheiden. Die erstere verschmilzt, soweit die Kanalwand dem Knochen anliegt, untrennbar mit dem Periost, und besteht vorwiegend aus längsverlaufenden Bindegewebsbündeln. Die Schleimhaut ist durch ihren reichen Gehalt an lymphoiden Zellen ausgezeichnet, sehr dünn und von glatter Oberfläche. Sie trägt ein einschichtiges Cylinderepithel, welches nach den Angaben der meisten Autoren mit einem Besatz von Flimmerhaaren versehen sein soll. An dem unteren Ende des Ganges tritt geschichtetes Pflasterepithel an dessen Stelle.

II. Der Gehörapparat.

Sein wesentlichster Bestandtheil ist das *Labyrinth*, der Sitz der specifischen, an die periphere Ausbreitung des Hörnerven geknüpften *Neuroepithelien*. Es ist gegenüber den im Sehapparate obwaltenden Verhältnissen hervorzuheben, dass die Endausbreitung des Hörnerven keineswegs eine durchaus einheitliche ist; er sucht vielmehr mit seinen Aesten verschiedene, räumlich getrennte Bezirke des Labyrinthes auf, um in denselben auch mit verschieden gestalteten Neuroepithelien in Beziehung zu treten. Die Träger der letzteren sind einerseits die beiden *Vorhofssäckchen* und die *Ampullen* der häutigen Bogengänge, anderer-

seits aber der den Windungen der Schnecke folgende *Ductus cochlearis*. Alle diese Theile sind Hohlgebilde, deren Innenraum mit klarer Flüssigkeit (*Endolymphe*) erfüllt ist und deren zarte, membranöse Wände an ihrer Innenfläche mit Epithel bekleidet sind.

Während nun dieses Epithel im Allgemeinen einen sehr einfachen Bau besitzt, gestaltet es sich an den Stellen, an welchen die Ausbreitung des Hörnerven erfolgt, zu einem mehr oder weniger complicirten Nervenendapparat um. Diese Stellen sind in den Vorhofssäckchen und Ampullen mit freiem Auge wahrnehmbar und in den ersteren unter dem Namen der *Maculae acusticae*, in den letzteren als *Cristae acusticae* bekannt*).

1) Innere Sphäre des Gehörapparates.

Die Vorhofssäckchen und die häutigen Bogengänge. Die Hohlräume des knöchernen Labyrinthes werden durch die ihnen entsprechenden Abtheilungen des häutigen Labyrinthes nur im Bereiche der Ampullen annähernd ausgefüllt; an allen übrigen Stellen bleibt daneben ein ansehnlicher Raum für die *Perilymphe* übrig, und zwar nehmen die Vorhofssäckchen etwa zwei Dritttheile des Vorhofsraumes ein, während die Lichtung eines knöchernen Bogenganges einen fünfmal grösseren Durchmesser besitzt, als wie der in ihm eingelagerte häutige Bogengang.

Die häutigen Bogengänge liegen nicht axial in dem Lumen der knöchernen Bogengänge, sondern sind an der convexen Seite der letzteren durch bindegewebige Stränge (*Ligamenta labyrinthi canaliculorum, Rüdinger*) an das den Innenraum des knöchernen Labyrinthes allenthalben bekleidende Periost festgeheftet.

Aehnliche, häufig verzweigte Bindegewebsbalken durchziehen auch den von der Perilymphe eingenommenen Zwischenraum, indem sie zwischen der freien Wand des häutigen Bogenganges und dem Periost ausgespannt sind.

Die Vorhofssäckchen liegen der medialen Wand des knöchernen Vorhofsraumes an, und zwar schmiegt sich der *Utriculus* (*Sacculus hemiellipticus*) sehr innig dem Recessus ellipticus an, während zwischen dem *Sacculus* (*Sacculus rotundus*) und dem Recessus hemisphaericus eine

*) Nach den Ergebnissen zahlreicher physiologischer Untersuchungen (*Goltz, Breuer, Mach*) muss der Möglichkeit Raum gegeben werden, dass in den halbzirkelförmigen Kanälen eine Einrichtung vorliegt, welche, indem sie uns über die Bewegungen des Kopfes orientirt, für die Erhaltung des Gleichgewichtes unseres Körpers von Wichtigkeit ist. Die histologischen Verhältnisse des Nervenendapparates können zwar dermalen bei der Entscheidung der Frage, ob wir es hier mit einem specifischen Sinnesapparat (*statischer Sinn, Breuer*) zu thun haben, nicht in die Wagschale fallen; jedoch scheinen sie mit einer solchen Annahme ganz wohl vereinbar.

stärker entwickelte, lockere Bindegewebsschichte eingeschoben ist. Für das Fasergewebe, welches die Fixirung der Säckchen an die mediale Vorhofswand vermittelt, ist die Bezeichnung *Ligamenta labyrinthi sacculorum* (*Rüdinger*) eingeführt worden. Zwischen den Säckchen und der lateralen Wand des knöchernen Vorhofes bleibt ein von Perilymphe eingenommener Zwischenraum.

Utriculus und Sacculus sind als solche gegen einander vollkommen abgeschlossen, jedoch verschmelzen ihre einander zugekehrten Wände an einer kleinen, umschriebenen Stelle zu einer einfachen Scheidewand. Eine indirekte Verbindung ihres Innenraums wird durch den von *Böttcher* entdeckten *Aquaeductus vestibuli* hergestellt. Derselbe geht aus dem hinteren Umfang des Sacculus, gleichsam als eine flaschenhalsförmige Verlängerung desselben, hervor und nimmt nach kurzem Verlaufe ein zweites Kanälchen auf, welches mit einer schlitzförmigen Oeffnung an dem Boden des Utriculus beginnt und eine kurze Strecke weit mit der Wand desselben durch lockeres Bindegewebe vereiniget ist. Während der Utriculus ausserdem an fünf Mündungsstellen die Schenkel der häutigen Bogengänge in sich aufnimmt, geht aus dem Sacculus, und zwar aus der unteren Wand desselben, ein dünnes Kanälchen ab, welches die Verbindung mit dem Ductus cochlearis herstellt und unter der Bezeichnung *Canalis reuniens* (*Hensen*) bekannt ist.

Mit Bezug auf *den feineren Bau* zeigt die Wandung der Vorhofssäckchen und der häutigen Bogengänge, soweit sie nicht Ausbreitungen des Hörnerven trägt, ziemlich einfache Verhältnisse. Man kann an ihr drei Schichten unterscheiden: die äusserste ist eine mit reichlichen elastischen Fasernetzen durchsetzte *Bindegewebslage*, deren Elemente sich unmittelbar in die Ligamenta labyrinthi fortsetzen und dort, wo die Wandung dem Perioste des knöchernen Labyrinthes anliegt, mit diesem verschmelzen. Sie ist ziemlich reich an Blutgefässen, welche theils unmittelbar, theils aber durch feine, in den abzweigenden Bindegewebssträngen verlaufende Gefässchen mit denen des Periostes sich verbinden. Der Bindegewebslage schliesst sich nach einwärts, als zweite Schichte, eine dünne, structurlose *Glashaut* (*Membrana propria*) an. Sie erscheint an Querschnitten als ein homogener, heller Streif, dessen Grenzcontour gegen die Bindegewebslage nicht immer scharf ausgeprägt ist. An den Bogengängen ist sie bei erwachsenen Personen constant mit unregelmässig höckerigen, nach einwärts vorspringenden Erhabenheiten (*Papillen*, *Rüdinger*) versehen, welche nach meinem Dafürhalten den Warzen der *Descemet'schen* Haut analog sind. Bei neugeborenen Kindern sind sie niemals beobachtet worden. Bei Erwachsenen fehlen sie durchgehends an der dem Periost anliegenden Seite der Wandung. *Lucae* und *Voltolini* haben ähnliche Bildungen als krankhafte Zustände beschrieben.

Der Glashaut ruht die innerste, *epitheliale Schichte* auf. Sie besteht aus einer einfachen Lage heller, abgeplatteter, polygonaler, mit einem grossen, rundlichen Kerne versehener Zellen. Bemerkenswerth ist, dass sich der concaven Seite der Bogengänge entlang ein schmaler, heller Streif hinzieht, gegen welchen hin die Epithelzellen allmälig höher werden, bis sie an demselben eine cylindrische Form annehmen. Dieser auch auf das Dach der Ampullen sich erstreckende Streifen ist, unter dem Namen *Raphe,* von *Hasse* zuerst beschrieben und, seiner Bedeutung nach, mit der Entwicklung der Bogengänge in Beziehung gebracht worden.

Fig. 188.

Querschnitt durch die Macula acustica des Utriculus vom Menschen (Entkalkung des Knochens mit Salzsäure und nachheriges Einlegen in *Müller'sche* Flüssigkeit.)

E Bindegewebige Grundlage der Säckchenwand. N Nervenfasern, mit feinen Fibrillen die Glashaut (b) durchbrechend, h Hörzellen, c indifferente Zellen, O Gallertsubstanz mit den Otolithen. (Nach *W. Krause.*)
500fache Vergrösserung.

In dem Bereiche der *Maculae* und *Cristae acusticae* erscheint die Wandung des häutigen Labyrinthes sehr stark verdickt, und zwar zumeist durch beträchtliche Zunahme der äusseren Bindegewebsschichte. In dieser breiten sich die markhaltigen Fasern des entsprechenden Hörnervenastes, zu Bündeln gruppirt, der Fläche nach aus. Während dabei die tiefer gelegenen Nervenbündel durch gegenseitigen Faseraustausch anastomosiren, lösen sich von den oberflächlicheren zahlreiche, vereinzelte Fasern ab, biegen nach einwärts um und gelangen, nachdem sie die Glashaut durchbrochen haben und marklos geworden sind, zwischen die Elemente des *Neuroepithels.* An diesem unterscheidet man zweierlei, in einer einfachen Schichte, alternirend gelagerte Zellen, von welchen die einen als *Hörzellen,* die anderen als *indifferente Zellen* (*Isolationszellen, Hasse*) bezeichnet werden.

Die *Hörzellen* sind im Allgemeinen flaschenförmig, in der Mitte leicht ausgebaucht, an dem freien Ende verbreitert und gegen die Basis mehr oder weniger zugespitzt. Der ellipsoidische Kern liegt meistens in dem ausgebauchten Theile der Zelle, mitunter aber mehr gegen die Basis hingerückt. An dem freien Ende ist eine jede Hörzelle mit einem cuticularen Saum versehen, aus welchem sich ein cilienartiger Fortsatz, das *Hörhaar* erhebt. Dasselbe ist ein steifes, fein zugespitztes,

seitlich abgeplattetes Gebilde, welches nach *Retzius* aus einer Anzahl (10—15) sehr feiner, drehrunder, in einer Reihe neben einander geordneter Fädchen zusammengesetzt ist. Die *indifferenten Zellen* sind annähernd cylindrisch, ihr freies Ende ist abgerundet, ohne Cuticularsaum, die Basis kaum merklich verschmälert; nahe der letzteren liegt der kugelige Kern.

An den Maculae acusticae ist die ganze freie Oberfläche des Neuroepithels mit einer etwa 20 μ dicken Lage einer gallertartigen Substanz überzogen, in welche die Hörhaare sich einsenken. Die Gallerte selbst schliesst eine bedeutende Anzahl grösserer und kleinerer, prismatischer Krystalle von kohlensaurem Kalk, die sogen. *Otolithen* in sich. Von diesen rührt die weisse Farbe der Macula acustica her.

Die näheren Beziehungen der Hörzellen zu den Nervenfasern sind erst vor Kurzem durch *Retzius* aufgeklärt worden. Diesem Forscher zufolge zertheilen sich die marklos gewordenen Nervenfasern nach ihrem Eintritt in die Epithellage noch ein oder mehrere Male. Ihre letzten Ausläufer verbreitern sich dann unter Auffaserung in feinste Fibrillen und setzen sich mit der Basis einer oder mehrerer Hörzellen in Verbindung, um in dem untersten Theile derselben ihr Ende zu finden.

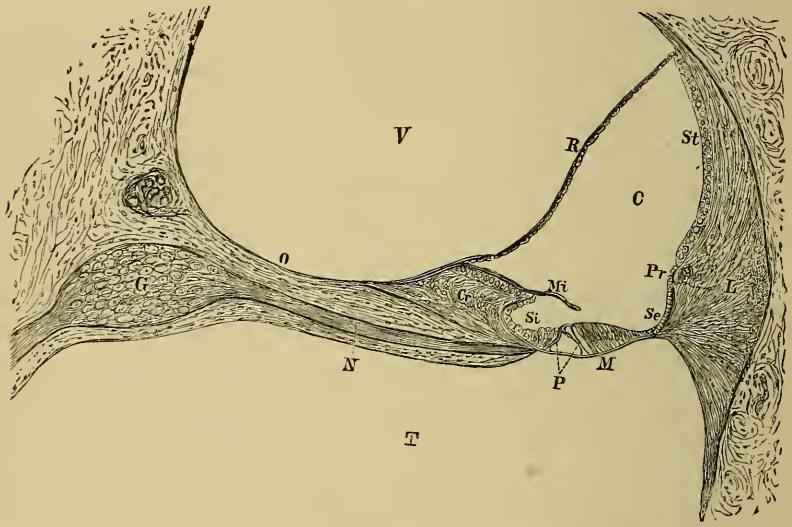
Die Schnecke. Weit complicirter, als wie an dem bis nun beschriebenen Sinnesepithel des Labyrinthes, gestalten sich die Verhältnisse an jenem akustischen Terminalapparat, welcher in der Schnecke geborgen ist. Er schliesst sich an den Ramus cochleae des Hörnerven an und wird nach seinem Entdecker das *Corti'sche Organ* genannt.

Denkt man sich die Windungen der Schnecke zu einem geraden Rohr ausgestreckt, so findet man, ähnlich wie in den Bogengängen, von der knöchernen Wand, beziehungsweise von dem Periost, einen Raum umgrenzt, welcher neben perilymphatischer Flüssigkeit ein dünnes, dem häutigen Bogengang an die Seite zu stellendes Kanälchen, den *Ductus cochlearis* (*Scala media, Schneckengang*) in sich schliesst. Während jedoch der häutige Bogengang nur an einem schmalen Streifen mit dem Periost in Zusammenhang steht und mit seiner übrigen Circumferenz frei in der Perilymphe schwimmt, ist der Ductus cochlearis auf eine das Schneckenrohr quer durchziehende Scheidewand (die *Lamina spiralis ossea* und *membranacea*) aufgesetzt, und zwar so, dass er der äusseren Wand des Schneckenrohres anliegt. Er stellt ein gegen die Spitze der Schnecke zu sich allmälig verdünnendes Kanälchen dar, welches nach beiden Seiten hin blind endigt. Nahe seinem weiteren Anfangsstück, also an der Basis der Schnecke, ist er durch den Canalis reuniens mit dem Sacculus in Communikation gesetzt.

Ein Querschnitt einer Schneckenwindung zeigt somit drei in sich abgeschlossene Räume, von welchen der basalwärts gelegene der *Scala*

tympani (*Paukentreppe*) entspricht (Fig. 189 T); oberhalb der Lamina spiralis ossea und membranacea befinden sich zwei Räume, von denen der grössere der *Scala vestibuli* (*Vorhofstreppe*), der kleinere dem *Ductus cochlearis* angehört. Der Durchschnitt des letzteren hat ungefähr die Gestalt eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen Spitze nahe dem Rande der Lamina spiralis ossea gelegen ist, während die abgerundete Basis der peripheren Wand des knöchernen Schneckenrohres anliegt. Die Basis des Dreieckes entspricht daher auch der Aussenwand des Ductus cochlearis; die untere (tympanale) Wand desselben wird durch einen

Fig. 189.



Querdurchschnitt einer Schneckenwindung; vom Meerschweinchen. (Ueberosmiumsäure — Palladium-Chlorid.)

T Scala tympani, V Scala vestibuli, C Ductus cochlearis, R *Reissner'sche* Membran, O Lamina spiralis ossea, G Ganglion spirale, N Faserbündel des Nervus cochleae, Cr Crista spiralis, Si Sulcus spiralis internus, M Membrana basilaris mit dem aufsitzenden *Corti'schen* Organ, P Pfeiler des *Corti'schen* Organes, Mi Membrana tectoria, L Ligamentum spirale, Pr Prominentia spiralis mit dem Vas prominens, Se Sulcus spiralis externus, St Stria vascularis.

(Hartnack, Object. IV, Ocul. 2. Vergrösserung 85.)

Theil der Lamina spiralis ossea und durch die Lamina spiralis membranacea dargestellt, die obere (vestibuläre) durch die sogen. *Reissner'sche Membran* (Fig. 189 R). Diese letztere, auch *Membrana vestibularis* genannt, ist ein dünnes Häutchen, welches von der oberen Fläche der Lamina spiralis ossea entspringt, und schief gegen die Aussenwand des Schneckenrohres aufsteigt, um sich daselbst anzuheften. Durch sie wird also der Ductus cochlearis von der Scala vestibuli abgegrenzt.

Die Vorhofs- und die Paukentreppe haben die Bedeutung von lymphatischen Räumen, und sind demgemäss mit einem platten Endothelium ausgekleidet; sie gehen, wie bekannt, an der Kuppel der

Schnecke, im *Helicotrema*, in einander über. An der Basis der Schnecke wird die Scala tympani durch die Membran des runden Fensters gegen die Paukenhöhle abgeschlossen, während die Scala vestibuli sich direkt in den perilymphatischen Raum des Vorhofes öffnet.

Der Ductus cochlearis ist der Behälter des *Corti'schen* Organes. Dasselbe sitzt seiner tympanalen Wand auf und stellt, als ein echtes Sinnesepithel, eine specifische Modifikation des den ganzen Kanal auskleidenden Epithelialstratums dar.

Nach dieser allgemeinen Orientirung kann die nähere Beschreibung der Wände des Ductus cochlearis folgen (Fig. 189).

Zur Bildung der *tympanalen* Wand desselben trägt zunächst die äussere Randzone der Lamina spiralis ossea bei. Sie ist in zwei Lefzen gespalten, von denen die eine (*Labium tympanicum*) in derselben Flucht fortläuft, die andere aber (*Labium vestibulare*) in den Schneckenkanal aufgebogen ist und auch den Namen *Crista spiralis* (*Waldeyer*) führt. Zwischen beiden Lefzen liegt ein rinnenartiger Einschnitt, der *Sulcus spiralis internus*. Die Crista spiralis zeigt, von oben her gesehen, eine eigenthümlich höckerige Beschaffenheit, indem eine fortlaufende Reihe von länglichen, abgerundeten Erhebungen mit dazwischen liegenden Vertiefungen abwechselt. Diese Erhebungen bieten einigermassen das Aussehen einer Zahnreihe und werden daher seit *Huschke* als *Gehörzähne* beschrieben.

Von dem freien Rande der unteren Lefze der Lamina spiralis ossea spannt sich die *Membrana basilaris* (*Lamina spiralis membranacea*), als tympanale Wand des Ductus cochlearis, bis zur seitlichen Circumferenz des Schneckenraumes hin und findet dort ihren Ansatz in einem dicken Gewebspolster, dem *Ligamentum spirale*. Die Membrana basilaris besteht aus drei wohl geschiedenen Schichten, deren stärkste eine vollkommen structurlose Haut darstellt. Diese ist an der tympanalen Seite von einer zarten, spindelförmige Zellen führenden Bindegewebsschichte bedeckt und an ihrer oberen Fläche von zahlreichen, sehr nahe an einander liegenden, ziemlich starren, geraden Fasern, welche in radiärer Richtung geordnet sind, überlagert; dadurch erhält die Grundmembran ein feinstreifiges Aussehen. Man unterscheidet gewöhnlich ihrem ganzen Verlaufe nach drei Zonen, von denen die der Lamina spiralis ossea zunächst gelegene als *Zona perforata* bezeichnet wird, weil sie zum Durchtritte der Nervenfasern mit einer Reihe von ovalen Löchern versehen ist; die mittlere Zone, über welcher das *Corti'sche* Organ liegt, heisst desshalb *Zona tecta* und die äusserste, an das Ligamentum spirale angrenzende Parthie wird als *Zona pectinata* bezeichnet; in ihr erreicht die Basilarmembran, eigentlich die structurlose Haut derselben, die grösste Dicke. Bemerkenswerth ist noch der Verlauf

eines venösen Kanales, welcher in der Basilarmembran eingebettet, alle Schneckenwindungen, parallel der Lamina spiralis ossea, in ziemlich gleich bleibender Weite durchläuft; er gehört der Zona tecta an und führt den Namen *Vas spirale* (Fig. 190).

Die *äussere* Wand des Ductus cochlearis wird durch das *Ligamentum spirale* gebildet. Es ist dies eine Anhäufung von Bindegewebe, welche der peripheren Schneckenwand aufsitzt und gegen den Ansatz der Basilarmembran in eine wohl markirte Leiste oder Kante übergeht. Auf dem Querschnitt einer Schneckenwindung stellt es eine ungefähr mondsichelartige Figur dar, mit einem von ihrer concaven Seite aus gegen die Basilarmembran zulaufenden, spitzwinkligen Aufsatze. Man überzeugt sich leicht, dass das Ligamentum spirale nicht nur in's Bereich der Wand des Ductus cochlearis fällt, sondern beiderseits in die Wand der Vorhofs- und Paukentreppe hinreicht.

Man unterscheidet an der Aussenwand des Ductus cochlearis nebst der Epithellage noch drei Schichten, von denen die äusserste das Periost darstellt; diesem liegt das lockere, zellenreiche Bindegewebe auf, welches die Hauptmasse des ganzen Ligamentum spirale ausmacht. Gegen die Epithellage des Kanales wird dasselbe durch eine verdichtete Schichte (Membrana propria) abgeschlossen, in welche die structurlose Haut der Basilarmembran direkt übergeht.

Hier ist auch noch der *Stria vascularis* zu gedenken. Es ist dies eine Lage eines dichten, engmaschigen Capillarsystemes, welches unmittelbar unter dem Epithelstratum eingelagert ist, aufwärts bis an den Ansatz der *Reissner'schen* Membran reicht und nach abwärts durch ein gegen den Schneckengang leicht vorspringendes, venöses Gefäss, das sogen. *Vas prominens*, begrenzt wird. Sie nimmt beim Menschen ungefähr drei Viertheile von der Höhe der äusseren Wand in Anspruch. Nach den Angaben von *Böttcher* und von *Retzius* sollen sich die Capillargefässe selbst zwischen die Epithelzellen hineinschieben.

Die *obere* Wand des Ductus cochlearis wird durch die *Reissner'sche* Haut hergestellt. Sie findet ihren Ansatz an einer flachen Leiste, welche der oberen Fläche der Lamina spiralis ossea aufsitzt, bildet mit dieser letzteren einen spitzen Winkel und läuft in schräg aufwärtsgehender Richtung nach aussen, um sich an dem Ligamentum spirale festzuheften. Der gedachte Winkel mag beim Menschen etwa 30—36° betragen; es ist jedoch zu bemerken, dass er sich von der Basis gegen die Spitze der Schnecke zu allmälig verkleinert. Die Membran selbst ist eine dünne, reich vascularisirte Bindegewebsplatte.

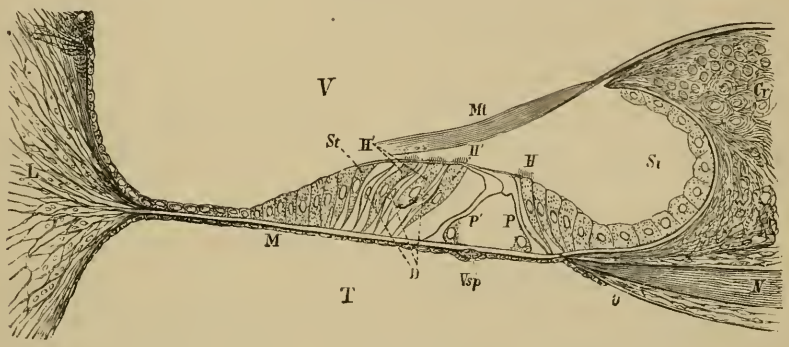
Alle eben beschriebenen Wandbestandtheile des Ductus cochlearis sind mit einer einschichtigen Lage cubischer Epithelzellen bekleidet, nur an den hervorragendsten Punkten der *Huschke'schen* Gehörzähne

findet sich eine Unterbrechung derselben. — Entsprechend der Membrana basilaris ist, wie bereits erwähnt, an Stelle der einfachen Epithelformation der Endapparat des Schneckennerven, das *Corti'sche Organ*, getreten.

Das Corti'sche Organ. Seine wesentlichen Formelemente sind: die beiden *Pfeiler* der *Corti'schen Bögen*, eine Anzahl von verschieden geformten Zellen, welche sich beiderseits an diese anschliessen (*Deckzellen*), und endlich zwei eigenthümlich structurirte, membranöse Bildungen, die *Lamina reticularis* und die *Membrana tectoria* (Fig. 190).

Die *Corti'schen Pfeiler* (*Gehörstäbchen*) sind leicht geschweifte, homogene, elastische Stäbchen, deren Endtheile eigenthümlich geformte Anschwellungen besitzen. Sie sind, in grosser Zahl, zu zwei, dem

Fig. 190.



Senkrechter Durchschnitt durch das *Corti'sche* Organ der Katze. (Ueberosmiumsäure — Palladium-Chlorid.)

Cr Crista spiralis, Si Sulcus spiralis internus, M Membrana basilaris, Mt Membrana tectoria, O Labium tympanicum der Lamina spiralis ossea, N Bündel des Nervus cochleae, P innerer, P' äusserer Pfeiler, H innere, H' äussere Haarzellen, D *Deiters'sche* Zellen, St *Hensen'sche* Stützzelle, L Ligamentum spirale, Vsp Vas spirale, V Scala vestibuli, T Scala tympani.

(Hartnack, Object. VIII, Ocul. 3.)

ganzen Spiralblatte entlang laufenden Reihen geordnet, und zwar so, dass man, mit Rücksicht auf die Axe der Schnecke, eine derselben näher gelegene — *innere* — und eine von derselben entferntere — *äussere* — Reihe unterscheiden muss. Die unteren Enden (*Fusstheile*) der Pfeiler sind mit verbreiterter, ebener Endfläche an die Membrana basilaris gekittet, und zwar haften die Pfeiler der inneren Reihe nahe der äusseren Grenze der Zona perforata, die der äusseren an der Zona tecta, in einer Entfernung von 60—70 μ von den ersteren. Die Pfeiler beider Reihen sind derart gegen einander geneigt, dass sie sich mit ihren oberen Enden (*Kopftheilen*) berühren und so mehr oder weniger zugespitzte Bögen herstellen. Indem sich diese Bögen fortlaufend an einander schliessen, begrenzen sie mit einem Theile der Membrana basilaris einen mit Flüssigkeit erfüllten, *tunnelartigen Raum* (in Fig. 190

durch die Buchstaben P und P′ kenntlich), welcher sich über die ganze Länge des Spiralblattes, durch alle Windungen der Schnecke hinzieht. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass die Pfeiler der inneren Reihe an Zahl die der äusseren Reihe nicht unerheblich übertreffen (*Waldeyer* berechnet die ersteren auf 6000, die letzteren auf 4500), und somit der Kopftheil eines äusseren Pfeilers nicht mit einem einzigen inneren Pfeiler in Contact steht, sondern stets deren zwei, oder auch drei berühren muss.

Ueber die Gestaltung der Kopftheile der Pfeiler und deren gegenseitige Beziehung ist nun folgendes zu bemerken. Der Kopftheil des äusseren Pfeilers wendet dem des inneren eine convexe, geglättete Fläche zu und wird von einer entsprechenden Concavität des letzteren aufgenommen; er trägt einen nach aussen abgebogenen, annähernd der Basilarmembran parallel gerichteten, platten Fortsatz: die *Kopfplatte* (*Waldeyer*). Der Kopftheil der inneren Pfeiler ist etwas schmäler und besitzt eine concave Contactfläche für den Kopf des ihm gegenüberstehenden, äusseren Pfeilers. Auch er trägt eine Kopfplatte, welche nach aussen zu die des äusseren Pfeilers zum Theile überlagert und nach einwärts in Gestalt eines schmalen Leistchens vorragt. Die Verbindung der äusseren und inneren Pfeiler an ihren Kopftheilen ist keine gelenkig bewegliche, wie man wohl häufig angenommen hatte, sie haften vielmehr, wahrscheinlich unter Vermittlung einer geringen Menge von Kittsubstanz, ziemlich fest mit ihren Flächen an einander. Die Pfeiler einer und derselben Reihe berühren sich gegenseitig mit ihren Kopf- und Fussenden, während die Mittelstücke dünne Spalten zwischen sich lassen.

In Betreff des *histologischen Charakters* der *Corti'schen* Pfeiler scheint es durch Erfahrungen über ihre Entwicklung sichergestellt zu sein, dass sie eine eigenthümliche Umwandlungsform der Substanz epithelialer Zellen darstellen. Als Reste der letzteren findet man an dem Fusstheile der Pfeiler, und zwar der dem Tunnel zugewendeten Seite derselben anhaftend, undeutlich contourirte Klümpchen von feinkörnigem Protoplasma mit hellen, kugeligen Kernen.

Von den exquisit *zelligen* Elementen des *Corti'schen* Organes, welche sich beiderseits den eben beschriebenen Bögen anschliessen (man bezeichnet sie im Allgemeinen als *Deckzellen*), nehmen die *Haarzellen* das meiste Interesse in Anspruch. Man unterscheidet *innere* Haarzellen, welche, in einfacher Reihe, nach einwärts von dem Tunnel ihren Standort haben und *äussere* Haarzellen (*Corti'sche Zellen*), welche bei den Säugethieren in drei, beim Menschen in vier fortlaufenden Reihen den äusseren Pfeilern angefügt sind.

Die *inneren Haarzellen* besitzen die Gestalt eines Kegels, dessen Spitze in einen ziemlich langen, dünnen Fortsatz ausläuft; der letztere haftet mittelst einer oft kaum bemerkbaren Verbreiterung der Basilarmembran an und ist von einer Anzahl kleiner, rundlicher Zellen, den sogen. *Körnern*, umgeben (die letzteren sind an der Fig. 190 nicht ersichtlich gemacht). Ihre Endflächen kommen in gleiche Höhe mit

den Kopfplatten der inneren Pfeiler zu liegen, zwischen deren inneren, leistenartigen Fortsätzen sie eingerahmt sind. Die Endflächen tragen einen dünnen, cuticularen Besatz, aus dem sich eine grosse Zahl feinster Härchen erhebt. Die Zellen selbst sind übrigens äusserst zart granulirte, sehr vergängliche, mit einem hellen, ellipsoidischen Kern versehene Gebilde.

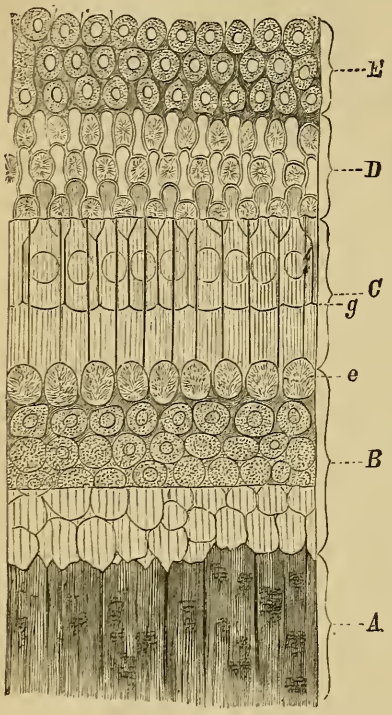
Die *äusseren Haarzellen* stimmen ihrer Gestalt nach mit den inneren überein. Ihre Reihen laufen, nahe an einander gedrängt, den äusseren Pfeilern parallel, und zwar stehen die einzelnen Zellen der verschiedenen Reihen nicht in einer Linie hinter einander, sondern unter sich und mit den Kopftheilen der Pfeiler alternirend. Ihre haartragenden Endflächen sind in ringförmigen Ausschnitten der Lamina reticularis eingerahmt, ihre nach abwärts gewendeten spitzen Ausläufer ähnlich, wie die inneren Haarzellen, an der Basilarmembran befestigt.

In Betreff der übrigen Deckzellen des *Corti'schen* Organes ist folgendes zu bemerken. An die inneren Haarzellen schliessen sich in zusammenhängender Lage spindelförmige oder pfriemenförmige Zellen an, welche die Lage der früher erwähnten Körner bedecken und ohne scharfe Grenze in die grossen, rundlichen, hellen Epithelialzellen des Sulcus spiralis übergehen. — Eine andere Art von Deckzellen ist zwischen den Reihen der äusseren Haarzellen eingeschoben. Sie sind unter dem Namen der *Deiters'schen Zellen* bekannt und haben die Gestalt von abgeplatteten, nach beiden Enden spitz zulaufenden Spindeln. Der Zahl nach den äusseren Haarzellen gleich, schliessen sie sich an die äussere Seite derselben an, so dass zwischen die erste und zweite Reihe der äusseren Haarzellen die erste Reihe der Deiters'schen Zellen zu liegen kommt, und die letzte Reihe dieser nach aussen auf die dritte, beziehungsweise vierte Reihe der Haarzellen folgt. An sie fügen sich mehrere Reihen cylindrischer oder pyramidenförmiger Zellen (die sogen. *Hensen'schen* Stützzellen) an, welche nach aussen hin rasch an Höhe abnehmen und so allmälig in das cubische Epithel der Zona pectinata übergehen.

Die Lamina reticularis. Mit diesem Namen bezeichnete *Kölliker* ein eigenthümliches, cuticulares Gebilde, welches die nach aussen von dem Tunnel gelegenen Bestandtheile des *Corti'schen* Organes von der vestibulären Seite her bedeckt. Bei der Flächenansicht (Fig. 191) erscheint die Lamina reticularis aus einer grossen Zahl von Segmenten zusammengesetzt, welche bestimmte Beziehungen zu den äusseren Haarzellen erkennen lassen und, ihrer Gestaltung nach, von zweierlei Art sind. Die einen sind helle, scharf contourirte *Ringe*, deren Lichtung von der Basalfläche der äusseren Haarzellen ausgefüllt ist; die anderen erscheinen als längliche, biscuitähnliche *Plättchen*, welche den Interstitien zwischen

den Haarzellenenden entsprechen und, wegen ihrer entfernten Aehnlichkeit mit der Längsschnittsfigur der Fingerknochen, den Namen *Phalangen* (*Deiters*) erhalten haben. Ringe und Phalangen hängen allenthalben mit ihren Rändern zusammen, können aber an Zupfpräparaten auch isolirt zur Ansicht gebracht werden. Je nach der Anzahl der Haarzellenreihen unterscheidet man auch drei oder vier Reihen von Phalangen und Ringen. Die innerste (erste) Phalangenreihe wird durch die ruderförmig verlängerten Enden der Kopfplatten der äusseren Pfeiler repräsentirt, womit zugleich gesagt ist, dass die Lamina reticularis mit den letzteren allenthalben in continuirlicher Verbindung steht. Nach aussen hin erstrecken sich die Formationen der Lamina reticularis noch über die Region der Haarzellen hinaus, indem sie die oberen Enden der *Hensen'schen* Stützzellen in Gestalt eines zarten, rundmaschigen Netzwerkes umgreifen. Ein ähnliches Netzwerk umgibt auch die Basalenden der inneren Haarzellen und die ihnen nächstliegenden Deckzellen; es ist dieses nach *Waldeyer* noch der Lamina reticularis zuzurechnen.

Fig. 191.



Corti'sches Organ des Hundes, von der Vorhofstreppe her gesehen. (Die Membrana tectoria ist entfernt.)

A Crista spiralis, B Epithel des Sulcus spiralis internus, e innere Haarzellen, c *Corti'scher* Bogen, g Grenzlinie zwischen den inneren und äusseren Pfeilern, D äussere Haarzellen mit den zwischenliegenden Phalangen und Ringen der Lamina reticularis, E äusseres Epithel der Basilarmembran. Nach *Waldeyer*. (Vergrösserung 700.)

Die Corti'sche Membran (*Membrana tectoria*). Sie ist ein accessorisches Deckblatt, welches das *Corti'sche* Organ nach der vestibulären Seite hin zum Abschluss bringt (Fig. 190 Mt). Sie nimmt ihren Ausgangspunkt von der oberen Fläche des knöchernen Spiralblattes, nahe der Ansatzlinie der *Reissner'schen* Membran, überbrückt den Sulcus spiralis und lagert sich über das ganze *Corti'sche* Organ, ohne jedoch mit den Elementen desselben in irgend eine Verbindung zu treten; nur die Haarbüschel der Haarzellen haften ihr ziemlich innig an. In der Gegend der äussersten Haarzellenreihe wird sie so fein, dass es bisher nicht möglich gewesen ist, ihre äussere Grenze genau festzustellen. Nach einigen Autoren findet sie an der genannten Stelle ihr Ende,

nach anderen aber soll sie sich bis an das Ligamentum spirale erstrecken und an demselben sich anheften. Ihrer Beschaffenheit nach ist die *Corti'sche* Membran ein weiches, zartes Gebilde, welches nur dort, wo es über den Sulcus spiralis weggespannt ist, eine beträchtliche Verdickung erfährt. Da sie sich gegen chemische Agentien ziemlich resistent verhält, unterliegt ihre Darstellung keinen besonderen Schwierigkeiten; doch ist das einzige, was bisher über ihre Textur sichergestellt werden konnte, dass sie eine von aussen nach innen gerichtete, geradlinige oder leicht wellige Faserung besitzt. Ihrer Bedeutung nach ist sie wahrscheinlich der Gallertmembran analog, welche das Neuroepithel der Vorhofssäckchen bedeckt.

Die Beziehungen des Hörnerven zu dem Corti'schen Organ. Der *Nervus cochleae* sendet, an der Basis der Schnecke angelangt, eine Reihe von Faserbündeln in die Löcher des Tractus spiralis foraminulentus und betritt dann den Canalis centralis modioli, wobei sich, entlang dem Ansatze des knöchernen Spiralblattes, in ununterbrochener Folge Faserbündel von seiner Oberfläche ablösen. Alle diese Bündel treten zwischen die beiden Lamellen des knöchernen Spiralblattes ein und bilden, während sie dasselbe in radiärer Richtung (nach der Axe der Schnecke orientirt), und unter zahlreichen Anastomosen durchsetzen, ein dichtes Geflecht. In den Anfangstheil des letzteren ist, entsprechend dem Canalis spiralis modioli, ein aus bipolaren Zellen zusammengesetztes, über alle Windungen der Schnecke sich erstreckendes Ganglion (*Ganglion spirale*) eingefügt (Fig. 189). Nachdem die Nervenfaserbündel im Laufe der Geflechtbildung immer feiner geworden sind, erreichen sie das Labium tympanicum des Spiralblattes und treten von hier aus durch die Löcher der Zona perforata in den Ductus cochlearis ein. Knapp vor ihrem Durchbruch verlieren die Nervenfasern ihre Markscheide.

Innerhalb des Ductus cochlearis erscheinen sie daher als nackte Axencylinder, von denen die meisten einen radiären Verlauf beibehalten und schliesslich zum Theil an die inneren, zum Theil an die äusseren Haarzellen herantreten. Darnach unterscheidet man sie in *innere* und *äussere Radialfasern*. Die ersteren durchsetzen, bevor sie an die Haarzellen gelangen, die früher erwähnte Lage der Körner, mit denen sie wahrscheinlich in Verbindung treten, und endigen in der Substanz der Haarzellen in noch nicht genau bekannter Weise. An isolirten Haarzellen findet man nicht selten an einer oder der anderen Stelle kurze, blasse Fortsätze, welche nichts anderes sind, als abgerissene Nervenfasern. Die äusseren Radialfasern ziehen ebenfalls durch die Körnerschichte und zerfallen bald in feinste, varicöse Fibrillen, welche durch die Spalten zwischen den inneren *Corti'schen* Pfeilern in den Tunnel eintreten, diesen frei, in schief aufsteigender Richtung durchsetzen und zwischen

den Körpern der äusseren Pfeiler hindurch zu den äusseren Haarzellen gelangen. In den letzteren bemerkt man, etwas über dem hellen Zellkern, ein dunkleres, ellipsoidisches Körperchen, dessen Oberfläche von einem äusserst feinen, spiralig gewundenen Fädchen umzogen wird. *Hensen*, welcher diesen *Spiralkörper* entdeckt hat, betrachtet das erwähnte Fädchen als das Ende einer Nervenfaser.

Es ist oben bemerkt worden, dass nicht alle in den Ductus cochlearis eingetretenen Nervenfasern in radialer Richtung weiter ziehen; es gibt auch solche, welche an dem Boden des Tunnels, dessen Länge nach, d. h. in *spiraler* Richtung verlaufen und durch reichliche Anastomosen ein fortlaufendes Netzwerk bilden (*M. Schultze*). Ueber die näheren Beziehungen dieses äusserst feinen Nervennetzes ist noch nichts Sicheres bekannt; wahrscheinlich ist, dass es Verbindungen mit den äusseren radialen Nervenfasern eingeht.

Die *mikroskopische Untersuchung* des Labyrinthes hat mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen. Unerlässliche Vorbedingung ist genaue Orientirung über die Lageverhältnisse der einzelnen Theile. Die Eigenschaften der Formelemente untersucht man am besten an frischen Objekten, unter Zusatz von Humor aqueus oder Jodserum, oder auch mit Zuhülfenahme der Ueberosmiumsäure. Um die Anordnung der Elemente und den Aufbau der Labyrinthwandungen kennen zu lernen, sind Durchschnittspräparate erforderlich. Die Anfertigung solcher setzt die Entkalkung des knöchernen Labyrinthes voraus, zu welcher man am besten die Gehörorgane kleinerer, noch ziemlich junger Thiere verwendet. Nachdem das knöcherne Labyrinth annähernd herauspräparirt worden ist, legt man es vorerst auf mehrere Stunden in eine 0·5proz. Lösung von Ueberosmiumsäure und hierauf in eine Lösung von Chlorpalladium (0·001proz.), welcher der zehnte Theil Salzsäure zugesetzt worden ist. Nachdem der Knochen schneidbar geworden ist, wäscht man das Objekt mit verdünntem Alkohol aus und bettet es in eine gut schneidbare Masse (Speckleber, Transparentseife, Wachsmischung oder dgl.) ein. Diese Behandlung des Objektes, zuerst von *Waldeyer* für die Schnecke angegeben, ist allen anderen Methoden vorzuziehen, theils wegen ihrer Einfachheit, theils wegen der durch sie ermöglichten guten Conservirung der Formelemente.

Blutgefässe des Labyrinthes. Die innere Sphäre des Gehörapparates bildet ein in sich abgeschlossenes, höchstens durch capillare Wege mit der nächsten Umgebung zusammenhängendes Gefässgebiet, welches sein Blut aus der *Arteria auditiva interna* erhält. Sie folgt mit ihren gröberen Verzweigungen den Aesten des Hörnerven und vertheilt sich so an die verschiedenen Abtheilungen des Labyrinthes, dass auch die feineren Zweige fast durchwegs in Begleitung der entsprechenden Nervenausbreitungen an das häutige Labyrinth herantreten. So findet man an den Vorhofssäckchen zunächst ein dichtes, gröberes Gefässnetz in dem Bereiche der Macula acustica, dessen Sitz die verdickte, äussere Bindegewebsschichte derselben ist. Von hier aus erstreckt sich ein ganz feines, weitmaschiges Capillarnetz auf die übrigen Parthieen der Säck-

chen. Ein ähnliches starkes Gefässnetz findet sich auch an den Cristae acusticae der Ampullen. In die Bogengänge selbst dringt von jeder Vestibularmündung her ein feines, arterielles Zweigchen, so dass ein jeder knöcherne Bogengang zwei, von entgegengesetzten Richtungen kommende Arterien enthält, welche mit ihren Enden in einander übergehen. Diese, sowie die zahlreichen, von ihnen entsendeten, feinen Nebenzweigchen, verlaufen in dem bindegewebigen Balkensystem des perilymphatischen Raumes und treten weiterhin an den häutigen Bogengang heran, um ihn mit einem weitmaschigen Capillarnetz zu umspinnen.

Der *Schneckenast* der Arteria auditiva interna schickt vorerst durch den Tractus spiralis foraminulentus eine grössere Anzahl von Zweigchen und tritt dann in den centralen Kanal des Modiolus ein; hier zerspaltet er sich und entsendet eine fortlaufende Reihe von Zweigchen, einerseits zwischen die beiden Lamellen der Lamina spiralis ossea, andererseits aber in die knöcherne Scheidewand, welche sich zwischen den Windungen des Schneckenrohres befindet. Die ersteren Arterien bilden ein dem Plexus des Schneckennerven entlang ziehendes Gefässnetz, versorgen zum Theile auch das Periost der Lamina spiralis und reichen mit ihren Endausläufern bis in die *Reissner'sche* Membran, wo sie ein weitmaschiges Capillarnetz herstellen. Die Arterienzweigchen, welche zwischen die Windungen des Schneckenrohres eindringen, erzeugen zunächst in der Knochenlamelle des Modiolus eigenthümliche Gefässknäuel (in Fig. 189 über dem Ganglion spirale zu sehen), indem sie sich innerhalb einer besonderen Knochenlücke mehrfach verschlingen. In ihrem weiteren Verlaufe verzweigen sie sich in der ganzen knöchernen Wand der Schnecke und in dem Periost, namentlich speisen sie an der äusseren Wand des Ductus cochlearis das dichte Gefässnetz, welches als Stria vascularis bezeichnet wird.

Das venöse Blut sammelt sich innerhalb des Schneckenrohres vorerst in zwei spiralig verlaufenden, kleinen Venen, dem Vas spirale und dem Vas prominens, deren Lage bereits früher (Seite 644) angegeben worden ist. Das erstere erhält seinen Zufluss aus dem Gefässnetze der Lamina spiralis ossea, das letztere aus der Stria vascularis; ausserdem verlaufen kleine venöse Gefässchen parallel mit den Verzweigungen der Arteria auditiva, neben welcher sie sich im Canalis centralis modioli sammeln. In Betreff des Vas spirale ist es wahrscheinlich, dass es sich durch den knöchernen Kanal des Aquaeductus cochleae in die Vena jugularis entleert. Die venösen Abflusswege des Vorhofes und der Bogengänge sind noch wenig gekannt; gröbere Venenstämmchen verlaufen entlang den Zweigen der Arterie, andere wahrscheinlich in dem Kanale des Aquaeductus vestibuli.

Lymphbahnen. In der Voraussetzung, dass die peri- und endolymphatischen Räume des Labyrinthes eine Art von Lymphräumen darstellen, müssen die aus ihnen hervorgehenden *Wasserleitungen* als die Wege angesehen werden, auf welchen ihre Communikation mit dem Lymphgefässsystem vermittelt wird. Die genauere Kenntniss der einschlägigen Verhältnisse verdanken wir vor Allem den umfassenden Untersuchungen *Böttcher's* und *Hasse's*.

Der *Aquaeductus vestibuli* (*Ductus endolymphaticus*) geht in der oben (Seite 639) beschriebenen Weise aus den Vorhofssäckchen hervor, durchzieht als einfache, kurze Röhre den für ihn bestimmten, knöchernen Kanal des Felsenbeines und erweitert sich, aus diesem ausgetreten, zu einem flachen, blind abgeschlossenen Sack (*Saccus endolymphaticus*). Dieser liegt an der hinteren Fläche des Schläfebeines, in dem Gewebe der Dura mater eingeschlossen. Nach der Ansicht *Hasse's* erneuert sich die Perilymphe auf diesem Wege, durch Vermittlung von lymphatischen Bahnen der Dura mater. Ihren Abfluss findet sie durch die Arachnoidealscheide des Hörnerven in den Subarachnoidealraum.

Der *Aquaeductus cochleae* (*Ductus perilymphaticus*) nimmt seinen Ursprung aus der Paukentreppe der Schnecke, nahe dem blinden, unteren Ende derselben; er zieht durch den für ihn bestimmten Knochenkanal an die untere Fläche des Schläfebeines und geht in ein die Vena jugularis begleitendes Lymphgefäss über. Die Perilymphe würde somit aus dem Vorhof in die Scala vestibuli der Schnecke, aus dieser durch das Helicotrema in die Scala tympani ihren Weg finden und aus der letzteren durch den Aquaeductus cochleae abfliessen können.

2) Mittlere Sphäre des Gehörapparates.

Die Trommelhöhle. Die knöcherne Wandung der Trommelhöhle ist von einem dünnen, ziemlich gefässreichen Periost überzogen, welches sich allenthalben den verschiedenen Vertiefungen und Erhabenheiten des Knochens anschmiegt. Ausserdem besitzt die Trommelhöhle nur noch eine dünne Schleimhaut als innere Auskleidung. Diese ist an vielen Stellen, namentlich wo die knöcherne Wandung glatt ist, ganz untrennbar mit dem Periost verschmolzen; an anderen Stellen hebt sie sich theilweise von demselben ab, indem sie die vielen kleinen Grübchen und Furchen des Knochens überbrückt, andererseits aber auch sich gekröseartig auf die in der Trommelhöhle enthaltenen, knöchernen und sehnigen Gebilde hinüberschlägt. Das Gewebe der Trommelhöhlenschleimhaut besteht aus einem lockeren Geflecht äusserst zarter Bindegewebsbündel, welches stellenweise durch stärkere, fast

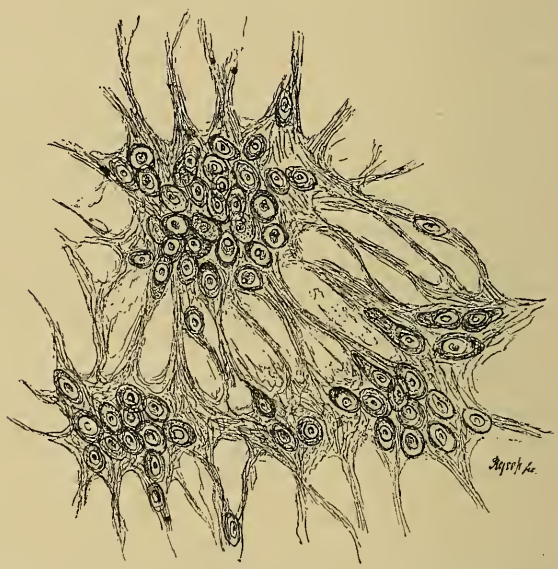
sehnenähnliche Faserzüge gestützt wird. Die durchaus glatte Oberfläche der Schleimhaut besitzt ein einschichtiges Epithel, welches aus cubischen, gegen die Tuba *Eustachii* hin in die Cylinderform übergehenden Zellen zusammengesetzt ist. Dass an dem Epithel der Paukenhöhle Flimmerhaare vorkommen, lässt sich leicht constatiren, jedoch sind die Angaben über die Ausdehnung der flimmernden Region sehr verschieden. Es mag dies wohl in individuellen Differenzen begründet sein. Constant ist das Flimmerepithel gegen den Eingang der Ohrtrompete und an der ganzen unteren Wand der Trommelhöhle zu finden. Das Vorkommen von schlauchförmigen Drüsen, wie sie von *Wendt* beschrieben werden, ist wohl nur ein ausnahmsweises.

Erwähnung verdienen eigenthümliche, von *Politzer* entdeckte und auch von *Kessel* ausführlich beschriebene Gebilde, welche in variabler Zahl, besonders in den hinteren Abschnitten der Trommelhöhle und in den Räumen des Warzenfortsatzes gefunden werden. Es sind daselbst gewöhnlich mehrfach verästigte Bindegewebsbälkchen zwischen benachbarten Erhabenheiten der Wandungen ausgespannt, und an diesen zeigen sich mitunter eine oder mehrere, rundliche oder birnförmige, scharf begrenzte Anschwellungen, durch deren Axe der Bindegewebsstrang unverändert hindurchzieht. Diese Gebilde zeigen nicht selten Andeutungen von Schichtenbildung und sind, so wie die Bindegewebsbälkchen, mit Epithel überzogen. Ihre Bedeutung ist noch nicht ganz sichergestellt; es ist jedoch nach den von *Wendt* gebrachten Aufklärungen nicht unwahrscheinlich, dass sie geschrumpfte Reste jener gallertigen Substanz sind, welche im embryonalen Zustande die Trommelhöhle erfüllt.

Die Ohrtrompete (Tuba Eustachii) besitzt bekanntlich in ihrem hinteren (zugleich lateralen) Abschnitte eine knöcherne, in ihrem vorderen (zugleich medialen) Abschnitte eine knorpelige Stütze. Die erstere, durch die untere Etage des Canalis musculo-tubarius des Felsenbeines hergestellt, endet gegen den Knorpel der Tube hin mit einem zackigen Rande und ist mit dem letzteren durch ein derbfaseriges Bindegewebe fest verbunden. Der Knorpel der Tube nimmt nicht die ganze Circumferenz des Rohres ein, sondern lässt die untere und den grössten Theil der lateralen Wand desselben frei. Er stellt somit eine rinnenförmige, gegen das Ostium pharyngeum an Mächtigkeit zunehmende Platte dar, welche fast die ganze mediale Wand der Tube bedeckt und sich über die obere Wand noch auf den obersten Theil der lateralen Wand herüberschlägt. An diesem umgekrämpten, freien Rand des Tubenknorpels nimmt der Musculus tensor veli palatini einen seiner Ursprünge, und zwar theils durch Muskelfasern, welche direkt an dem Perichondrium haften, theils aber durch eine platte Sehne, welche weiterhin die knorpelfreie, laterale Wand der Tube bedeckt. Der durch *Rüdinger* eingeführte Name *Musculus dilatator tubae* bezieht sich auf diese Ursprungsportion, die sich übrigens auf das pharyngeale Endstück der Tube nicht mehr erstreckt.

Der Tubenknorpel zeigt in den hintersten, dem Schläfebein nächsten Parthieen das Aussehen eines wahren hyalinen Knorpels; verfolgt man denselben aber Schritt für Schritt nach vorne, so findet man, dass in seiner Grundsubstanz elastische Fasern auftreten, welche mehr und mehr an Zahl zunehmen, so dass er in dem grössten Theile seiner Länge ganz ausgeprägt den Charakter des Netzknorpels erhält. Dieses Verhalten ist schon an älteren Embryonen erweislich, prägt sich aber mit dem fortschreitenden Wachsthum immer mehr aus. Eine zweite Eigenthümlichkeit betrifft die Qualität der Grundsubstanz und die damit zusamenhängende Anordnung der Zellen. Der hyaline Antheil des

Fig. 192.



Aus einem Durchschnitt durch den Knorpel der Ohrtrompete. Alkoholhärtung, Carmintinction. (Hartnack, Syst. V, Ocul. 3.)

Tubenknorpels ist schon im Kindesalter, noch viel mehr bei Erwachsenen durch eine grosse Neigung zu faseriger Zerklüftung seiner Grundsubstanz ausgezeichnet (vergl. Seite 128). Da in den so veränderten Stellen die Knorpelzellen fast ganz fehlen, oder nur vereinzelt vorkommen, so ergibt sich eine ganz ungleichmässige Vertheilung der letzteren. — Wo der Uebergang des hyalinen Typus in den des Netzknorpels erfolgt, findet man in der Grundsubstanz, und zwar sowohl in dem homogenen als auch in dem zerklüfteten Theile derselben spärliche, verzweigte und in verschiedenen Richtungen sich überkreuzende, elastische Fäserchen eingelagert, welche bald an Zahl zunehmen und endlich den grösseren Theil der Grundsubstanz ausmachen; sie unter-

scheiden sich leicht von den in Folge von Zerklüftung der hyalinen Substanz entstandenen Fasern, da diese letzteren parallel geordnet, mitunter leicht wellig gebogen, unverzweigt und schwach lichtbrechend sind, ausserdem nach Zusatz von Natronlauge abblassen und durch kurzes Kochen in derselben völlig aufgelöst werden; die elastischen Fasern hingegen sind durch stärkeren Glanz, durch netzartige Anordnung und durch ihre Resistenz gegen Natronlauge hinreichend gekennzeichnet. Wo der Charakter des Netzknorpels schon ganz ausgeprägt ist, begegnet man einer eigenartigen Vertheilung der Zellen und der elastischen Fasernetze (Fig. 192). Es gibt da zahlreiche rundliche, durch ihre Undurchsichtigkeit schon bei schwacher Vergrösserung scharf hervortretende Inselchen, in welchen die Knorpelzellen sehr eng an einander gedrängt und von äusserst dichten, elastischen Netzen umgeben sind. Von der Peripherie dieser Inselchen strahlen nach allen Richtungen hin langgestreckte, weitmaschige, aber grobfaserige, elastische Netze aus, innerhalb deren die hyaline oder zerklüftete Grundsubstanz und nur sehr spärliche Knorpelzellen sichtbar werden. Diese helleren Parthieen ziehen sich netzartig zwischen den früher erwähnten Inselchen hin. Diese letztere Anordnung findet sich bei neugeborenen Kindern noch nicht, wohl aber im späteren Kindesalter, und ganz deutlich ausgeprägt stets bei erwachsenen Menschen. Auch die accessorischen, an wechselnden Stellen der Tubenwandung eingelagerten Knorpelplättchen lassen ein ähnliches Verhältniss erkennen.

Die Schleimhaut der Ohrtrompete geht nach rückwärts in die der Trommelhöhle, nach vorne in die des Nasen-Rachenraumes über und verhält sich ihrem feineren Bau nach der letzteren ähnlich. Namentlich finden sich in der fibrillären Grundlage der Tunica propria an vielen Stellen mehr oder weniger scharf umschriebene, meist aber ganz flache Einlagerungen adenoiden Gewebes, welche *Gerlach* bei einem ½jährigen Kinde zu tonsillenähnlichen Formationen (*Tubentonsille*) entwickelt sah. Die Submucosa ist im Bereiche der Knorpelrinne ziemlich dünn und straff gewebt, in den übrigen Parthieen der Tubenwandung jedoch locker und mit zahlreichen traubigen Schleimdrüschen und Fettgewebsläppchen durchsetzt. Das Epithel ist ein geschichtetes, flimmerndes Cylinderepithel, dessen tiefere Zellenlagen sich aber nahe dem Ostium tympanicum allmälig verlieren. Dadurch wird der Uebergang in das einschichtige Epithel der Trommelhöhle vermittelt.

Blutgefässe. Die mittlere Sphäre des Gehörapparates bezieht das arterielle Blut durch eine Anzahl kleiner Zweigchen, welche aus verschiedenen Aesten der Art. carotis externa, zum Theile selbst der Carotis interna entstammen, jedoch durch zahlreiche Anastomosen während ihrer Verzweigung ein zusammenhängendes Gefässnetz her-

stellen. Aus demselben wird ebensowohl die Schleimhaut, als der angrenzende Theil des Periostes und Knochens versorgt. Die erstere besitzt in der Trommelhöhle ein weitmaschiges, auf grosse Strecken hin mit dem Perioste gemeinschaftliches Capillarnetz. In der Ohrtrompete ist ein ziemlich dichtes, oberflächliches Schleimhautnetz von den den Drüsen und dem Fettgewebe angehörenden, tieferen Capillarsystemen zu unterscheiden.

Lymphgefässe. Für die Trommelhöhle beschreibt *Kessel* ein System von Lymphgefässen, welche zumeist im Periost verlaufen und mit kugeligen Erweiterungen und seitlichen Ausbuchtungen versehen sein sollen.

Nerven. Der Plexus tympanicus, sowie die mit diesem in Zusammenhang stehenden Nerven der Ohrtrompete, führen theils markhaltige, theils marklose Fasern und sind an vielen Stellen mit kleineren und grösseren Gruppen von Ganglienzellen besetzt. Ihre Endigung in der Schleimhaut ist noch nicht bekannt.

3) Aeussere Sphäre des Gehörapparates.

Das Trommelfell. Seine Grundlage wird durch ein dünnes, fibröses Plättchen (*Lamina propria*) gebildet, welches mit dem verdickten Periost des Sulcus tympanicus (*Ringwulst*) in continuirlichem Zusammenhang steht. Die Elemente der Lamina propria sind ziemlich straffe, etwas abgeplattete, eigenthümlich glänzende, leimgebende Fibrillenbündel, welche, in spitzen Winkeln verflochten, eine Anzahl über einander geschichteter Lamellen herstellen. Die Hauptrichtung dieser Fasern geht in den nach aussen zu gelegenen Lamellen vom Rande des Trommelfelles gegen den Hammergriff hin, mit dessen Periost sie sich zum Theile verbinden; in den inneren (der Trommelhöhle näheren) Lamellen aber beschreiben die Bindegewebsbündel Kreistouren, parallel dem Annulus tympanicus. Dabei sind die circulären Faserzüge an der Peripherie viel reicher entwickelt, als in den centralen Theilen des Trommelfelles, ja in der nächsten Umgebung des unteren Endes des Hammergriffes fehlen sie gänzlich. In Folge der schiefen Durchflechtung der Bindegewebsfasern bleibt zwischen diesen eine grosse Anzahl schmaler, langgestreckter Räume übrig, welche theils von einer formlosen Zwischensubstanz, theils von abgeplatteten Bindegewebszellen eingenommen werden.

Auf die Innenfläche der Lamina propria setzt sich die Schleimhaut der Trommelhöhle continuirlich fort. Die Aussenfläche ist mit einer dünnen, papillenlosen Cutislage, der Fortsetzung der Haut des

äusseren Gehörganges, und mit einer, namentlich bei Kindern, verhältnissmässig starken Epidermisschichte überkleidet. Schleimhaut und Cutis sind sehr fest mit der Lamina propria verbunden.

Mit Bezug auf die Befestigung des Hammers an dem Trommelfelle ist folgendes zu bemerken. Der kurze Fortsatz ist, wie auch der Handgriff des Hammers, mit einer dünnen Knorpelschichte und ausserdem mit einer eigenen, fibrösen Membran überzogen; die letztere ist im Bereiche des kurzen Fortsatzes innig mit der Lamina propria verschmolzen. Der Hammergriff lagert mit seinen oberen Parthieen zwischen Lamina propria und Schleimhaut, so dass das Gewebe der ersteren sich nur an seiner äusseren Seite festheftet; das spatelförmige, untere Ende aber senkt sich zwischen die Faserlagen der Propria ein, wird theils von ihnen umkreist und theils als Insertionspunkt benützt.

In jenem dreieckigen, oder halbmondförmigen Abschnitt des Trommelfelles, welcher über dem kurzen Fortsatze des Hammers gelegen ist und durch eine gewisse Schlaffheit sich kennzeichnet (*Membrana flaccida* der Autoren), fehlt die Lamina propria gänzlich, und es stösst daher die Cutislage an dieser Stelle unmittelbar an die Schleimhaut der Trommelhöhle.

Der äussere Gehörgang wird zum Theil durch Knochen, zum Theil durch Knorpel gestützt und erhält durch die eingebuchtete äussere Haut seine Bekleidung. Der Knorpel zählt in die Reihe der Netzknorpel und ist im Allgemeinen durch sehr reichliche Entwicklung der elastischen Elemente ausgezeichnet; jedoch finden sich in ihm bei erwachsenen Personen ganz gewöhnlich grössere und kleinere Inseln, an denen das elastische Netzwerk vollkommen fehlt, hingegen die hyaline Grundsubstanz parallelfaserig zerklüftet erscheint. Diese Inseln sind stets sehr arm an Zellen und gehen an ihrer Peripherie allmälig in die typische Formation des Netzknorpels über.

Die *Haut* des Gehörganges zeigt als bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit einen grossen Reichthum an Knäueldrüsen (hier *Ohrenschmalzdrüsen, Glandulae ceruminosae* genannt). Sie bilden im knorpeligen Theile eine fast ununterbrochene, zusammenhängende Lage (Fig. 193), werden an der Grenze gegen den knöchernen Theil auffallend spärlicher und finden sich in diesem selbst nur mehr ganz vereinzelt, und auf die obere Wand beschränkt. Wie weit sie in ihren histologischen Verhältnissen von den gewöhnlichen Schweissdrüsen abweichen, ist bereits auf Seite 570 bemerkt worden.

Die Ohrmuschel. Ihr Skelet wird durch eine aus Netzknorpel geformte Platte hergestellt, welche continuirlich in den Knorpel des

Gehörganges übergeht. Die an dem letzteren beschriebenen, zellenarmen Inseln finden sich an dem Knorpel der Ohrmuschel nur sehr selten, jedoch wechseln mitunter Parthieen mit dichteren und spärlicheren elastischen Fasernetzen ab. Der Hautüberzug gibt zu keinen besonderen Bemerkungen Veranlassung.

Gefässe und Nerven zeigen in der äusseren Sphäre des Gehörapparates, mit Ausnahme des Trommelfelles, die für die äussere Haut im Allgemeinen gültige Anordnung.

Fig. 193.

Senkrechter Durchschnitt durch die Haut des äusseren Gehörganges mit den Glandulae ceruminosae; von einem erwachsenen Manne. (Hartnack, Syst. II, Ocul. 2.)

Das *Trommelfell* bezieht sein Blut vorzugsweise durch ein aus der oberen Wand des Gehörganges herabsteigendes und neben dem Hammergriffe verlaufendes Arterienstämmchen, welches zahlreiche, kleine Nebenzweigchen abgibt und am Umbo nach einer, oder wiederholter, dichotomischer Theilung in feinste divergirende Gefässchen zerfällt. Die Verlaufsrichtung aller dieser arteriellen Endzweigchen ist eine ausgesprochen radiäre, ihr Vertheilungsgebiet vornehmlich die cutane Schichte des Trommelfelles; sie gehen bald in ein Capillarnetz über, welches sich dicht unter der Epidermis ausbreitet und an der Peripherie des Trommelfelles allenthalben mit dem Capillarsystem der Haut des äusseren Gehörganges in Zusammenhang steht. Die Venen sammeln sich zu einem einfachen oder doppelten, dem Hammergriff

entlang laufenden Stämmchen und ausserdem zu einem ringförmigen, am Rande des Trommelfelles gelegenen Geflechte. Beide Abflusswege ergiessen sich in das Hautvenennetz des äusseren Gehörganges. Die Schleimhautschichte des Trommelfelles besitzt ein ziemlich dichtes Capillarnetz, welches von den Gefässen der Paukenhöhle gespeist wird und mit dem Capillarsystem der Trommelhöhlenschleimhaut ein Continuum bildet. Die Gefässe der cutanen Schichte stehen mit denen der Schleimhaut vielfach in Communikation, theils durch feine, arterielle Zweigchen, theils durch Capillaren, welche sich von der ersteren Schichte aus in die Lamina propria einsenken und dieselbe in schräger Richtung durchsetzen.

Lymphgefässe sind durch *Kessel* in allen drei Schichten des Trommelfelles nachgewiesen worden, namentlich als feines, capillares Netzwerk in der Cutislamelle und als mehr vereinzelte, verzweigte Röhren in der Schleimhautschichte.

Nerven des Trommelfelles. Mit dem beschriebenen arteriellen Stämmchen zieht ein starkes Bündel markhaltiger Fasern entlang dem Hammergriff bis in die Mitte des Trommelfelles, um sich analog der Arterienramifikation zu vertheilen. *Kessel* beschreibt zweierlei daraus hervorgehende, feinste Nervenplexus, einen, welcher sich unmittelbar unter der Epidermis ausbreitet und einen anderen, welcher dem Laufe der Blutgefässe folgt. In ähnlicher Weise soll die Schleimhautschichte einen subepithelialen Plexus und ein die Blutgefässe umspinnendes Nervengeflecht erkennen lassen.

III. Der Geruchsapparat.

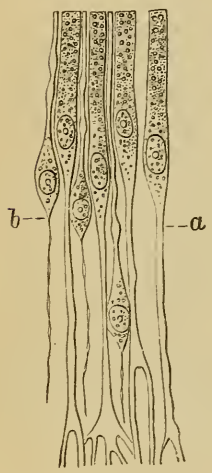
Das Vertheilungsgebiet des Riechnerven ist auf den oberen, verengten Theil des Nasenraumes beschränkt; nur hier trägt die Schleimhaut ein spezifisches Sinnesepithel, welches die Geruchsempfindung zu vermitteln befähiget ist. Es wird somit dieser Antheil des Nasenraumes mit Recht als der *Riechbezirk* — *Regio olfactoria* — von dem unteren, weiteren Theile — der *Regio respiratoria* — unterschieden.

Die Regio olfactoria. Sie fällt, wie erwähnt, in den obersten Bezirk des Nasenraumes; ihre untere Grenze ist, namentlich beim Menschen, noch nicht genau festgestellt. Während sie, älteren Angaben zufolge, die ganze obere und mittlere Nasenmuschel und den entsprechenden Theil der Nasenscheidewand einnehmen soll, beschränkt sie sich, nach den völlig vertrauenswürdigen Untersuchungen *M. Schultze's* und *Ecker's*, auf das Dach der Nasenhöhle, die obere Muschel und den entsprechenden Theil der Nasenscheidewand; ja wie *M. Schultze* an

Kindesleichen ermittelt hat, bleibt der untere Rand der oberen Muschel schon von der Regio olfactoria ausgeschlossen, wohingegen sie vor dieser etwas weiter herabreicht.

Die Schleimhaut dieser Gegend ist durch eine mattgelbe Farbe ausgezeichnet und ausserdem auffallend dicker und weicher, als wie in der Regio respiratoria; sehr bald nach dem Tode wird übrigens die Färbung unkenntlich, wie auch das Gewebe selbst sehr raschen, postmortalen Veränderungen unterworfen ist, so dass menschliche Objekte in den seltensten Fällen noch für die Untersuchung der feineren Texturverhältnisse verwendbar sind. Die Untersuchung wird am besten nach Behandlung mit dünnen Lösungen von Ueberosmiumsäure, oder nach Härtung in schwacher Chromsäure vorgenommen. Für das Studium der Riechzellen ist besonders der gefleckte Salamander und der Proteus anguineus zu empfehlen.

Fig. 194.



Zellen aus dem Sinnesepithel der Regio olfactoria des Menschen.
a Epithelialzellen, b Riechzellen. (Nach *M. Schultze.*) Vergr. ungefähr 500fach.

Die Grundlage der Schleimhaut wird durch ein fein fibrillirtes, zellenreiches Bindegewebe hergestellt, dessen Anordnung durch die reichlich eingelagerten Drüsen, Nerven und Gefässe bestimmt wird. An der Schleimhautoberfläche hat *W. Krause* cylindrische, mit Blutgefässschlingen versehene Papillen nachgewiesen. Eine submucöse Schichte ist nicht deutlich zu unterscheiden, vielmehr geht das Schleimhautgewebe ohne scharfe Grenze in das unterliegende Periost über. An vielen Stellen findet man Anhäufungen von Pigmentkörnchen, theils in Form von länglichen Streifen, welche den Nervenzweigchen anliegen, theils auch anderwärts in rundlichen oder unregelmässigen Gruppen.

Das Epithel erreicht eine Dicke von über 100 μ, ist aber nicht, wie man früher annahm, geschichtet, sondern besteht nur aus einer einfachen Lage sehr lang gestreckter Zellen. Seit den bahnbrechenden Untersuchungen *M. Schultze's* wissen wir, dass dieselben von zweierlei Art sind: Zellen von dem Charakter gewöhnlicher, cylindrischer *Epithelialzellen* und Zellen von spezifischer Gestalt und Bedeutung — die *Riechzellen* (Fig. 194).

Die Riechzellen sind schlanke, zarte Gebilde, an denen man einen Zellkörper und zwei nach entgegengesetzten Richtungen abgehende Fortsätze unterscheiden kann. Der eine ist nach der freien Oberfläche (peripheriewärts), der andere gegen die Tunica propria der Schleimhaut (centralwärts) gewendet. Da nun bald der periphere, bald der centrale Fortsatz der längere ist, so kommen die Körper der Riechzellen nicht alle in gleiche Höhe des Epithelstratums zu liegen; der grossen Mehrzahl nach aber nehmen sie die tieferen und die mittleren

Parthieen desselben ein. Der Zellkörper erscheint durchwegs spindel- oder birnförmig, zart granulirt und trägt in seinem mittleren, breitesten Theile einen kugelrunden, hellen, matt contourirten Kern. Der periphere Fortsatz ist im Allgemeinen stäbchenförmig, doch ab und zu mit leichten Aufquellungen versehen, scharf contourirt und von ganz homogener Beschaffenheit. Bei vielen Thieren (ob auch beim Menschen, ist noch nicht festgestellt) trägt das freie Ende dieses Fortsatzes ein Büschel feiner Härchen (*Riechhaare*), welche über die Oberfläche des Epithels vorragen. Der centrale Fortsatz ist äusserst zart und vergänglich und, je nach der Präparationsmethode, gleich den feinsten Nervenfibrillen, mit zahlreichen Varicositäten besetzt, oder auch ganz glatt. Er verläuft gerade und ungetheilt bis an den Grund des Epithelialstratums; dort aber begegnen die centralen Fortsätze der Riechzellen den letzten Ausstrahlungen des Nervus olfactorius, verflechten sich zum Theil mit diesen und entziehen sich der weiteren Beobachtung.

Die indifferenten *Epithelialzellen* erscheinen in Form langgestreckter Cylinder mit äusserst fein granulirtem Zellleib und ellipsoidischem Kern. In der Nähe des letzteren geht die Zelle in einen schmalen, dünnen, ganz blassen, centralwärts gerichteten Fortsatz über, dessen unteres Ende sich etwas verbreitert und in eine Anzahl dünner Fasern zerfährt, mittelst welcher die Zelle an der bindegewebigen Grundlage festhaftet. Diese verbreiterten Enden der Zellen enthalten häufig einen braunen, theils körnigen, theils diffusen Farbstoff. *W. Krause* entdeckte auch an diesen Zellen einen Besatz von feinsten, nicht flimmernden Härchen, welche noch viel vergänglicher sind als die Riechhaare und erst mit Hülfe der stärksten Vergrösserungen wahrgenommen werden können.

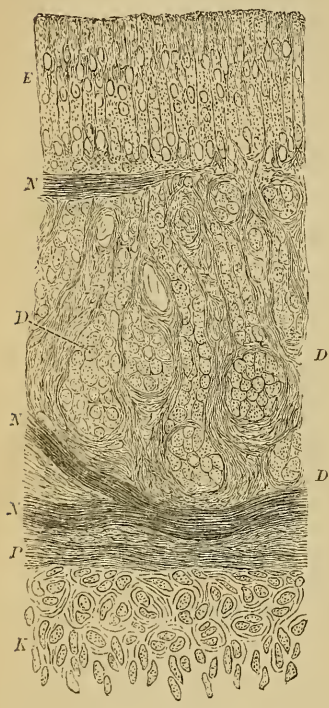
Beide Zellenarten sind im ganzen Bereiche der Regio olfactoria derart vertheilt, dass im Umkreise einer jeden Epithelialzelle etwa 6—8 Riechzellen ihren Platz finden und der zwischen den letzteren bleibende Raum vollständig von den ersteren ausgefüllt wird. Dabei sind beiderlei Zellenarten so innig an einander gelagert, dass namentlich an dem breiteren Theil der Epithelialzellen feine Längsfurchen erkennbar werden, welche die peripheren Fortsätze der Riechzellen in sich aufnehmen. Am Grunde der Epithelschichte finden sich zwischen den verschmälerten Fortsätzen der Riech- und Cylinderzellen kleine rundliche oder kegelförmige Zellen (*Basalzellen, W. Krause*), welchen die Bedeutung von Ersatzzellen zugeschrieben wird.

Die Oberfläche des Riechepithels ist mit einem zarten Häutchen bedeckt, welches von seinem Entdecker, *v. Brunn*, als *Membrana limitans olfactoria* bezeichnet und der Membrana limitans externa der Netzhaut an die Seite gestellt worden ist. Es ist von zahlreichen feinsten

Oeffnungen durchbrochen, welche von den Härchen der Riechzellen und der Epithelzellen durchsetzt werden.

Die *Bündel des Riechnerven* bestehen ausschliesslich aus marklosen, mit einer kernhaltigen *Schwann'schen* Scheide versehenen Fasern. Sie verästigen sich zunächst in den tieferen Schichten der Schleimhaut und senden in ununterbrochener Folge feine Zweigchen nach der Oberfläche hin. Hier zerfallen die Axencylinder in zahlreiche Fibrillen, welche in die Epithelschichte eindringen und sich zwischen den centralen Fortsätzen der Riechzellen als feinste Fibrillen verlieren. Ob ein unmittelbarer Zusammenhang der Nervenfibrillen mit den Riechzellen besteht, konnte noch nicht sichergestellt werden, doch haben sich seit *M. Schultze* viele Autoren für die Wahrscheinlichkeit eines solchen ausgesprochen. Während man aber fast allgemein den indifferenten Epithelialzellen eine direkte Beziehung zu den Fasern des Riechnerven abspricht, glaubt *Exner* für beiderlei Zellenarten dasselbe Verhalten zum Riechnerven nachgewiesen zu haben. Dieser Forscher vertritt die Ansicht, dass Riechzellen und Epithelialzellen keineswegs ganz differente Gebilde seien, sondern dass sich zahlreiche Zwischenformen finden, welche eine geschlossene Uebergangsreihe zwischen den beiden typischen Formen herstellen. Am Grunde des Epithelstratums kommt nun nach *Exner* ein grossmaschiges Netzwerk von protoplasmaähnlicher Substanz vor, in welches sich die Fortsätze der Epithelialzellen gleichmässig wie die der Riechzellen auflösen, und in welches auch die Fibrillen des Riechnerven übergehen.

Fig. 195.



Senkrechter Durchschnitt durch die Riechschleimhaut der Katze. (Nach Härtung in Chromsäure.)
E. Epithelialschichte.
N. Nervenfaserbündel.
D. *Bowman'sche* Drüsen.
P. Perichondrium.
K. Knorpel der Nasenscheidewand.
(Hartnack. Object. VIII, Ocul. 2.)

Die Drüsen der Regio olfactoria (Fig. 195) sind unter dem Namen der *Bowman'schen Drüsen* bekannt. In grosser Zahl an einander gereiht, nehmen sie fast die ganze Dicke der Schleimhaut ein, und erscheinen bei den meisten Thieren in Gestalt einfacher, theils gerader, theils verschiedentlich gewundener Schläuche, deren unterer Abschnitt gewöhnlich etwas verbreitert ist. Die Drüsenzellen sind theils rundlich, theils unregelmässig vieleckig und lassen neben zahlreichen, grö-

beren und feineren, blassen Körnchen häufig auch eine leichte Pigmentirung erkennen. Beim Menschen ist die Gestalt der Drüsen etwas abweichend, insoferne, als sich gewöhnlich mehrere Drüsenschläuche zu einem gemeinschaftlichen Ausführungsgang vereinigen, und nicht selten auch seitliche, wie Acini aussehende Ausbuchtungen der Schläuche vorkommen. Doch ist es nicht gerechtfertigt, sie desshalb den acinösen Drüsen zuzuzählen, da niemals dendritisch verzweigte Drüsengänge beobachtet werden. Die Secretionszellen der *Bowman'schen* Drüsen sind beim Menschen stets deutlich cylindrisch.

Die Regio respiratoria. In ihrem Bereiche ist die Schleimhaut im Wesentlichen durch die Beschaffenheit des Epithels, durch die Form der eingelagerten Drüsen und selbstverständlich durch das Fehlen der Riechnervenverzweigung ausgezeichnet.

Das Epithel ist ein geschichtetes Flimmerepithel und ganz ähnlich dem der Luftröhre beschaffen; der Flimmerstrom ist an allen Stellen gegen die Choanen hin gerichtet. Bemerkenswerth ist, dass die Grenze des Flimmerepithels gegen das Sinnesepithel keine ganz constante ist, ja dass nach den Beobachtungen *M. Schultze's* nicht selten innerhalb des Riechbezirkes einzelne Inseln von Flimmerepithel sich finden, während andererseits das Sinnesepithel sich an manchen Stellen noch eine Strecke weit zwischen das flimmernde Epithel hinein erstrecken kann. Niemals aber kommen in diesen flimmernden Inseln selbst Riechzellen vor. Die zahlreichen *Drüschen* der Regio respiratoria sind nach dem acinösen Typus gebaut, ihrem feineren Bau nach den serösen Drüsen an die Seite zu stellen (vergl. Seite 450).

Das Vestibulum nasi, d. h. der Raum, welcher von dem knorpeligen Theile der äusseren Nase umschlossen wird, zeigt mit Bezug auf die Beschaffenheit seiner Schleimhaut von dem eigentlichen Nasenraum abweichende Verhältnisse. Dieselbe ist in ihrem bindegewebigen Theile straffer gewebt, mit reichlichen, gefässführenden Papillen versehen und entbehrt der acinösen Drüschen vollständig. Sie ist mit einem geschichteten Pflasterepithel bedeckt, dessen Grenze nach rückwärts hin um ein Weniges hinter die Apertura pyriformis fällt, so jedoch, dass das vorderste Ende der unteren Muschel und der Anfangstheil des unteren Nasenganges noch mit dem geschichteten Pflasterepithel versehen sind (*Ecker*). Im Naseneingang erfolgt der völlige Uebergang der Schleimhaut in die äussere Haut, indem daselbst die obersten Zellenlagen des Epithels verhornt sind, und bereits Haare (*Vibrissae*) mit Talgdrüsen auftreten.

Die Nebenhöhlen des Nasenraumes sind durchwegs mit einer Schleimhaut bekleidet, welche genetisch als Ausstülpung der Schleim-

haut der Regio respiratoria betrachtet werden kann und auch dem Bau nach im Wesentlichen mit dieser übereinstimmt. In allen diesen Nebenhöhlen ist jedoch die Schleimhaut untrennbar mit dem Periost verschmolzen, beide zusammen erreichen noch lange nicht die Dicke der Nasenschleimhaut. Das Epithel besteht aus einer einfachen Lage cylindrischer, flimmernder Zellen, die Richtung der Flimmerbewegung geht gegen die Communikationsöffnung mit der Nasenhöhle hin. Traubige Drüschen kommen nur an ganz beschränkten Stellen der Highmorshöhle und am Eingang zu den Keilbeinhöhlen vor.

Blutgefässe. In dem Bereiche des Nasenraumes findet sich allenthalben in den obersten Schichten der Schleimhaut ein engmaschiges Capillarnetz, dessen zuführende Arterienzweigchen durch die tieferen Schichten verlaufen und unter einander anastomosiren. Die ableitenden Venen treten zur Bildung sehr starker, theils in der Tunica propria, theils in dem submucösen Bindegewebe gelegener Plexus zusammen, deren Füllungsgrad von erheblichem Einfluss für die Dicke der ganzen Schleimhaut wird. Am meisten entwickelt sind diese Venengeflechte an der convexen Seite der unteren Nasenmuschel und insbesondere an dem hinteren Ende derselben; sie nehmen hier in ausgeprägter Weise den Charakter eines Schwellnetzes an. — In den Nebenhöhlen der Nase sind die Blutgefässe spärlicher, namentlich erlangen die venösen Netze niemals eine starke Entwicklung.

Lymphgefässe. Sie sind in Gestalt grobmaschiger Netzwerke in den tieferen Schichten der Nasenschleimhaut nachweisbar und sammeln sich in der Nähe der Choanen zu grösseren Stämmchen, welche gegen die tieferen Nackendrüsen hin ihren Abfluss finden. Nach *Key* und *Retzius* können die Lymphgefässe der Nase von dem Subarachnoidealraum her injicirt werden und stehen in ausgiebiger Weise mit den Saftlücken der Schleimhaut im Zusammenhang.

Nerven. Die sensiblen Zweige des Trigeminus breiten sich mit zahlreichen Bündeln markhaltiger Fasern in der Schleimhaut aus und bilden daselbst weitmaschige Geflechte; sie sind auch, wenngleich nur spärlich, in der Regio olfactoria nachweisbar. Ihre letzte Endigung konnte bisher nicht ermittelt werden.

Sach-Register.

A.

Abducenskern 223, 226.
Abducenswurzeln 197, 226.
Accessoriuskern 202, 205.
Accessoriuswurzeln 186.
Achromatin 15.
Achromatische Kernfigur 31.
— Substanz 15.
Acini 397, 451.
Acusticuskern, äusserer 215.
— innerer 213, 215, 217, 223.
Acusticuswurzel, oberflächliche 218.
— tiefe 218, 223.
Adenoides Gewebe 112, 366.
— — lymphoide Zellen des 45.
— — Reticulum des 40.
Aderhaut 590.
Adventitia capillaris 346.
Adventitialscheide 92.
Aequatorialplatte 30.
Ala cinerea 199.
Alveolen 478, 483.
Alveolengänge 478.
Alveolenseptum 484.
Alveolenwerk 131.
Alveolodental-Membran 413.
Ammonshorn 297.
— Rinde desselben 299.
Amöboide Bewegung 21, 22.
Ampulle des Eileiters 540.
— des Samenleiters 523.
— *Lieberkühn'sche* 447.
Anangische Herzen 329.
Ansa peduncularis 276.
Anthrakosis 478.
Aponeurosen 119.
Appositionelles Wachsthum 132, 155.
Aquaeductus cochleae 652.
— vestibuli 639, 652.
Arachnoidea 303.
Arachnoidealraum 302.
Arachnoidealscheide 581.
Arachnoidealzotten 303.
Archiblast 5.
Archiblastische Gewebe 5.
Arcus tarseus 634.
Arteria auditiva interna 650.
— centralis retinae 582, 618.
— hyaloidea 613, 620.
— umbilicalis 338.
Arteriae ciliares 620.
— — anticae 621.
— — posticae breves 620.
— — — longae 621.
— — helicinae 529.
— interlobulares 499.
Arterien 330.
Arteriolae rectae 499.
Associationssysteme 292.
Aster 29.
Athmungsapparat 474.
Augapfel 579.
— Blutgefässe desselben 618.
— Lymphbahnen desselben 625.
— Nerven desselben 627.
Ausführungsgänge 452.
Axencylinder 87, 90.
— nackte 96.
Axencylinderfortsätze 99.
Axenfaser 87, 90, 606.

B.

Balken-Commissur 292.
Bänder, fibröse 120.
— elastische 120.
Bailarger'sche Streifen 294.
Basalmembran der Hornhaut, hintere 589.
— — — vordere 589.
Basalsaum 109, 437.
Basalzellen 661.
Basement membrane 108.
Bauchfell 472.
— Nerven und Gefässe desselben 474.

Becherzellen 17. 62. 438.
Beinhaut 143.
Belegzellen 432.
Bewegung, amöboide 21, 22.
— *Brown'sche* Molecular- 22.
— Flimmer- 21, 26.
Bindearme 221, 230.
— Kreuzung derselben 244, 248.
Bindegewebe 112.
— embryonales 122.
— endoneurales 306.
— episklerales 583.
— fibrilläres 112.
— fibröses und gemeines 117.
— formloses und geformtes 117, 120.
— gallertartiges 122.
— interfasciculäres 118.
— interlobulares 471.
— interstitielles 401, 497, 515.
— intralobulares 470.
— reticuläres 69, 123.
— subcutanes 552.
— submucöses 388.
— subseröses 472.
Bindegewebsbündel 103, 117.
— -Fibrillen 102.
— -Formationen 117.
— -Häutchen 104.
— -Körperchen 67.
— -Knorpel 135.
— -Spalten 113, 362.
— -Zellen, fixe 113.
Bindehaut 629.
Bindesubstanzgewebe 112.
— -Zellen 67.
Blutcapillaren 343.
Blutfarbstoff 53.
Blutgefässdrüsen 395.
Blutgefässsystem 326.
Blutplättchen 57.
Blutzellen, farbige 46.
— farblose 42.
Bodencommissur, graue 259, 269.
Bogenfasern, äussere 204, 209.
— innere 209.
Bogengänge, häutige 638.
Bronchien, interlobulare 478, 480.
— lobulare 478, 482.
Bronchioli 478.
Brücke 220.
Brückenabtheilung, hintere 222, 224, 231, 244.
— vordere 222, 230, 244.
Brückenarme 220, 230.
Brückenkerne 222.
Brunner'sche Drüsen 440.
Brustwarze 577.
Bündelformation des *Deiters'schen* Kernes 215, 223.
Bulbus olfactorius 300.
Bursae mucosae subcutaneae 552.

C.

Calamus scriptorius 197.
Canalis *Petiti* 618, 626.
— hyaloideus 613.
— reuniens 639.
— *Schlemmii* 585, 624.
Capillargefässe 343.
— Entwicklung derselben 346.
Capsula externa 258.
— Glissonii 470.
— interna 258, 273, 284.
Cardialdrüsen 433.
Carotisdrüse 351.
Cement 412.
Centrales Höhlengrau 259.
Centralkanal 169, 174.
Centralnervensystem 167.
— Blutgefässe desselben 304.
— Hüllen desselben 301.
— Stützgerüst desselben 173.
Cerebrospinale Ganglien 309.
Cerebrospinalflüssigkeit 302.
Cervix uteri 542, 544.
Chiasma nerv. opt. 264.
Chondrigen 102.
Chondroblasten 109.
Choriocapillaris 590, 591.
Choroidea 590.
Chromatin 15.
— -Kugeln 31.
Chylusgefässe 447.
Chyluskörperchen 42.
Ciliarmuskel 594.
— Nerven desselben 627.
Cilien der Augenlider 633.
— — Flimmerzellen 26.
Cingulum 293.
Circulationsapparat 326.
Circumanaldrüsen 569.
Clarke'sche Säulen 172, 183.
Claustrum 263.
Clava 198.
Clitoris 547.
Cohnheim'sche Felder 79.
Colloid 487.
Commissur des Grosshirns, hintere 243, 260.
— — — mittlere 260.
— — — untere 266.
— — — vordere 259, 269, 281.
— des Kleinhirns, hintere 241.
— — — vordere 240, 276.
— des Rückenmarkes, hintere, graue 169.
— — — vordere graue 169.
— — — weisse 169.
Commissurenfasern 292.
Compacte Knochensubstanz 137.
Conarium 291.
Conglobirte Substanz 367.
Coni vasculosi *Halleri* 522.
Conjunctiva 629.
— bulbi 631.
— palpebrarum 630.

Conjunctiva, Uebergangstheil der 631.
Contractilität des Protoplasmas 11.
Contourlinien, *Owen'sche* 415.
Corona radiata 292.
Corium 548.
Cornea 585.
— Endothel der 590.
— Epithel der 589.
— Substantia propria der 586.
Corpora cavernosa 342.
— — Blutbahnen der 528.
Corpus ciliare des Auges 590, 593.
— — s. dentatum des Kleinhirns 240.
— geniculatum externum 257. 261, 262.
— — internum 249, 262.
— *Highmori* 515.
— luteum 532, 538.
— mammillare (candicans) 269.
— restiforme 197.
— trapezoides der Brücke 224.
— — des Wurmes 239.
Cortex corticis 491.
Crista spiralis 643.
Cristae acusticae 640.
Cumulus ovigerus 537.
Cuticularbildungen 108.
Cutis 548.
Cutisleistchen 549.
Cylinderepithelium 389.
— geschichtetes 392.
Cysterna lymphatica magna 353.
Cytoblastema 10, 28.
Cytode 38.
Cytoplasma 10.

D.

Dachkern 239.
Darm 434.
— Blutgefässe desselben 443.
— Lymphgefässe desselben 446.
— Nerven desselben 448.
Darmsaftdrüsen 440.
Darmschleimdrüsen 440.
Darmschleimhaut 434.
Darmzotten 435.
Deckknochen 148, 154.
Deckzellen 424, 646.
Decussation der Pyramiden 190.
Degeneration der Nervenfasern 94.
— secundäre 178, 195.
— — der Grosshirnschenkel 288.
Deiters'scher Kern 213, 219.
Deiters'sche Zellen 173.
Dentin 107, 408.
Diapedesis 49.
Diplasmatische Zellen 12.
Disc's, *Bowman'sche* 78.
Discus proligerus 537.
Disdiaklasten 78.
Dispirem 31.
Dotter 531.
Dotterhaut 531.
Doyère'sche Hügel 313.
Drüsen 395.
— acinöse 397.
— *Bartholini'sche* 547.
— *Bowman'sche* 662.
— *Brunner'sche* 440.
— *Cowper'sche* 527.
— einzellige 399.
— *Henle'sche* 630.
— *Krause'sche* 634.
— *Lieberkühn'sche* 439.
— *Littre'sche* 506, 507.
— *Manz'sche* 631.
— *Meibom'sche* 633.
— *Moll'sche* 569, 634.
— *Montgomery'sche* 577.
— *Nuhn'sche* 422.
— schlauchförmige 397.
— seröse 423, 450.
— traubenförmige 397.
— tubulöse 397.
— *Tyson'sche* 566.
— Blutgefässe der 401.
— Lymphgefässe der 402.
— Nerven der 402.
— -Formationen, primäre 396.
— -Gänge 452, 453.
— -Zellen 63.
Ductus *Bartholini* 453.
— *Botalli* 339.
— cochlearis 641, 643.
— endolymphaticus 652.
— ejaculatorii 523.
— papillares 489.
— perilymphaticus 652.
— *Stenonianus* 453.
— *Whartonianus* 453.
— *Wirsungianus* 453.
Dura mater 302.
— Nerven derselben 303.
Duralscheide 580.
Dyaster 30.

E.

Ei 3, 531.
Eiballen 535.
Eichel des Penis 530.
Eierstock 532.
— Blutgefässe desselben 538.
— Epithel desselben 534.
— Follikel desselben 532, 536.
— Lymphgefässe desselben 539.
— Nerven desselben 539.
— Stroma desselben 533.
Eiketten 535.
Eileiter 540.
Eischläuche, abortive 535.
Eiterzellen 34.
Eiweissdrüsen 450.
Elastische Fasern 104.
— Fasernetze 105.

Elastische Innenhaut 334.
— Haut *Henle's* 337.
— Platten 105.
— Substanz 104.
Eleidin 553.
Elementarorganismus 9.
Elementartheile 1.
Eminentia teres 199.
Enchymzellen 63.
Endkapseln 325.
Endknöpfchen 314, 316.
Endknötchen 330.
Endkolben, cylindrische 322.
— kugelige 320.
Endogene Zellbildung 32.
Endokardium 327.
Endolymphe 638.
Endoneurales Bindegewebe 306.
Endosteum 145.
Endothel 331, 345.
Endothelzellen 69.
Endplatten 313.
Endsäckchen 478.
Endscheibe 81.
Ependym der Gehirnventrikel 198.
— -Faden, centraler 169.
Epiblast 5.
Epicerebralraum 302.
Epidermis 552.
Epiphysenfugenknorpel 154.
Epithel 389.
— einschichtiges 389.
— mehrschichtiges 390.
— respiratorisches 483.
Epithelzellen 58.
— — Verhornung derselben 62.
Epoophoron 539.
Erlicki'sche Flüssigkeit 175.
Ersatzzellen 63.
Exner'sche Methode 294.
Extraciliare Fasern 241.

F.

Facialiskern 226.
Facialiswurzel 226.
— — Austrittsschenkel derselben 226.
— — Ursprungsschenkel derselben 226.
— — Zwischenstück derselben 227.
Fadenapparat der Flimmerzellen 27.
— der Zapfen 606.
Fäden, *Purkinje'sche* 328.
Falten, *Kerkring'sche* 436.
Fascia dentata Tarini 298.
Fascia linguae 421.
Fasciculus longitudinalis inferior 293.
Fasciculus uncinatus 293.
Fascien der Muskeln 120.
Faserhaut 120.
Faserknorpel 135.
Faserkörbe 610.
Fasern, elastische 104.
Fasern, *Remak'sche* 95.
— *Sharpey'sche* 144.
— umspinnende 100, 116.
Fasersysteme in dem Grosshirnschenkel und in der inneren Kapsel 284.
— in den Hintersträngen 194.
— in den Vorder- und Seitensträngen 189.
Faserverlauf in der Brücke 236.
— im Kleinhirn 241.
— — Mittelhirn 253.
— beim Uebergang in das Grosshirn 275.
— im Rückenmark 175.
— — verlängerten Mark 208, 220.
Fettgewebe 70, 112, 157.
— Merkmale desselben 158.
Fettgewebsläppchen 159.
— Blutgefässe derselben 159.
— Lymphgefässe derselben 161.
— Nerven derselben 161.
Fettgewebssystem 157.
Fettgewebszellen 70.
Fettmark 144.
Fettzellen des Bindegewebes 69, 158.
— seröse 72.
Fibrae arciformes 204.
— arcuatae externae 204, 209.
— — internae 209.
— propriae 292.
Fibrillen des Bindegewebes 102.
— des Knochens 107, 141.
— des Knorpels 102.
Fila olfactoria 300.
Fimbria 297.
Fissura hyppocampi 298.
Fissura longitudinalis anterior 168.
— — posterior 168.
Fleischtheilchen 77.
Flimmerbewegung 26.
Flimmercilien 26.
Flimmerepithel 394.
Flimmerhaare 26.
Flimmerzellen 26.
Flossenmembran 513.
Follikel 367.
— *Graaf'sche* 536.
— solitäre 440.
Follikelepithel 536.
Follikelzellen der Samenkanälchen 521.
Foramina papillaria 489.
Formatio reticularis 208, 209, 216, 219, 224, 228, 232.
— — alba 219.
— — Längsbündel der 232.
Fornix des Grosshirns 297.
Fovea anterior 199.
— posterior 199.
— centralis der Retina 610.
Fütterung der Zellen 24.
Funiculus cuneatus 198.
— gracilis 197.
— *Rolandi* 198, 201.

Funiculus sklerae 583.
— teres 199.
Furchung 6.
Fussstücke der Flimmerhaare 27.
Fusszellen 61, 589.

G.

Gallencapillaren 461.
Gallengänge, interlobulare 466.
— intralobulare 461.
Gallengangdrüsen 468.
Gallertartige Zwischensubstanz 102.
Gallertgewebe 122.
Ganglien 308.
Ganglienzellen 97.
— apolare 99.
— bipolare 99.
— multipolare 99.
— unipolare 99.
— Fortsätze der 98, 100.
— der Grosshirnrinde 294.
— des Rückenmarkes 172.
Ganglion *Gasseri* 97.
— habenulae 260, 271.
— interpeduncuiare 271.
— spirale 649.
Gangliospinale Faser 310.
Gefässhäute 326.
Gefässknäuel, *Malpighi'sche* 495.
— — des Wurzelperiostes 413.
Gefässnerven 348.
Gefensterte Häute 106.
Gehirnsand 291.
Gehörapparat 637.
Gehörgang, äusserer 657.
Gehörstäbchen 645.
Gehörzähne 643.
Gekröse 473.
Gelenknervenkörperchen 321.
Gelenksbänder 120.
Generatio aequivoca 28.
Genitalnervenkörperchen 321.
Gerlach'sche Methode 172.
Gerlach'sches Nervennetz 172.
Geruchsapparat 659.
Geschmacksknospen 419, 424.
Geschmackspurus 425.
Geschmackszellen 425.
Geschlechtsapparat 512.
Gewebe 3.
— adenoides 366.
— — Blutgefässe desselben 367.
— osteogenes 150.
Gewebsspalten 361.
Gewölbe 297.
Gewölbeschenkel 260.
Gitterschicht 260, 275.
Glandula carotica 351.
— coccygea 351.
— Parotis 449.
— prostatica 525.
Glandula sublingualis 449.
Glandulae ceruminosae 657.
— lenticulares 430.
— utriculares 542.
Glashäute 108.
Glaskörper 613.
Glianetze 173.
Gliazellen 173.
Globus pallidus 256.
Glomeruli olfactorii 301.
Glomerulus *Malpighianus* 495.
Glutin 104.
Goll'scher Strang 168, 188, 194.
Grandry'sche Körperchen 319.
Granulationsgewebe 123.
Granulirte Substanz 174.
Graue Schicht der Kleinhirnrinde 237.
— Substanz des Centralnervensystems 171.
— — des Rückenmarkes 180.
Grosshirn 254.
Grosshirnganglien 254.
Grosshirnmantel 292.
Grosshirnrinde 293.
— Schichten derselben 294.
Grosshirnschenkel 242, 246, 249, 271, 284.
— mediales Bündel derselben 231. 245, 249.
Grosshirnstamm 254, 281.
Grundlamellen 141.
Grundmembran 80, 108.
Grundsubstanzen 101.
Guirlandenförmige Faserzüge 239.

H.

Haar 556, 558.
— Entstehung des 564.
— Marksubstanz des 560.
— Rindensubstanz des 558.
— Rindenzellen des 558.
— Wachsthum und Wechsel der 565.
Haarbalg 556, 561.
Haarbalgmuskel 564.
Haarknopf 557, 559.
Haarkolben 565.
Haaroberhäutchen 560.
Haarpapille 557, 562.
Haarschaft 558.
Haarstengel 566.
Haarwurzel 556, 559.
Haarzellen 646.
Haarzwiebel 557.
Hackenbündel 293.
Hackenwindung 297.
Hämatin 54.
Hämatoblasten 57.
Hämatoidin 54.
Hämin 54.
Häminprobe 54.
Hämoglobin 53.
Halbmonde 451.

Halbtonne 30.
Halsanschwellung 179.
Harnblase 503.
Harnkanälchen 487.
Harnröhe 506.
Hassal'sche Körperchen 378.
Haube 204, 242, 250, 271.
Haubenbündel aus dem Linsenkern 273.
— — der hinteren Commissur 252, 273.
Haubenregion 204.
Haubenstrahlung der inneren Kapsel 273.
— centrale 287.
Hauptzellen 432.
Haut, die äussere 547.
— Blutgefässe derselben 570.
— Lymphgefässe derselben 572.
— Nerven derselben 573.
Havers'sche Kanälchen 138, 143.
Havers'sche Lamellensysteme 141.
Helicotrema 643.
Hemisphärenbündel des Tractus opticus 267.
Hemisphärenfasern des Kleinhirns 241.
Herz 326.
— Blutgefässe desselben 329.
— Klappenapparate desselben 328.
— Lymphgefässe desselben 329.
— Muskelelemente desselben 84, 327.
— Nerven desselben 330.
Hilus der Drüsen 401.
— — Oliven 211.
Hilusstroma 370, 533.
Hinterhorn 169.
Hinterstrang 168, 179.
Hinterstranganlage 212.
Hinterstranggrundbündel 188, 194.
Hinterzellen 185.
Hirnhäute 120.
Histologie 1.
Hoden 514.
— Blutgefässe derselben 521.
— Lymphgefässe derselben 522.
Höhlengrau, centrales 259.
Hörhaare 640.
Hörzellen 640.
Hornfibrillen 559.
Hornhaut 585.
— -Zellen, fixe 588.
— Epithel der 589.
— Nerven der 628.
— Substantia propria der 586.
Hornscheiden 93.
Hornschichte der Epidermis 553.
Hornspongiosa 174, 609.
Howship'sche Lacunen 156.
Hügel, *Doyère'scher* 313
Hüllen des Centralnervensystems 301.
Hyaline Knorpelsubstanz 102.
Hydatide, gestielte 525.
— ungestielte 524.
Hymen 547.
Hypoblast 5.
Hypoglossus, Kern des 205, 209.
Hypoglossus, Wurzel des 197, 209.
Hypophysis cerebri 290.

I.

Infundibulum 478.
Innenhaut, elastische 334.
Innenkolben 322, 323.
Innenvenen 457.
Inoblasten 109.
Inotagmen 25.
Inscriptiones tendineae 164.
Intercellularbrücken 40, 62.
Intercellularlücken 61.
Intercellularsubstanzen 3, 101.
— gallertartige 102.
Interglobularräume 409.
Interstitielle Körner 79.
Intraciliare Fasern 240.
Iris 595.
— Blutgefässe der 621.
— -Fortsätze 597.
— Nerven der 627.
— Pigmentlage der 596.
Iriswinkel 597.
Isolationszellen 640.

K.

Kanal, *Cloquet'scher* 613.
— *Havers'scher* 138, 140, 143.
— *Petit'scher* 618, 626.
— *Schlemm'scher* 585, 624.
Kapsel, äussere 258.
— *Bowman'sche* 495.
— innere 258, 273, 284.
— *Tenon'sche* 583, 626.
Kapselknie 258, 283.
Karyokinesis 29.
Kehlkopf 474.
— Gefässe und Nerven desselben 476.
— Knorpel desselben 475.
Keilstrang 168.
— Kern desselben 202, 205.
Keimbläschen 531.
Keimblätter 5.
Keimepithel 532, 534.
Keimfleck 531.
Keimschichte der Epidermis 553.
Keimzellen 40.
Keratin 62.
Keratohyalin 62, 553.
Kern der Zellen 9, 12.
Kernfigur 29.
Kerngerüst 14.
Kernkörperchen 13, 15.
Kernmembran 15.
Kernsaft 15.
Kernspindel 31.
Kerntheilung 28, 31.
— direkte 28.

Kerntheilung, indirekte 29.
Korntonne 30.
Kernwand 14.
Kerne der Gehirnnerven 198.
— des Abducens 223, 226.
— — Accessorius 202, 205.
— — Acusticus 215, 217, 219, 223.
— — Facialis 226.
— — Hypoglossus 205, 209, 214.
— — Oculomotorius 252.
— — Opticus 264.
— — Trigeminus 235.
— — — motorischer 234.
— — — oberer 235.
— — — sensibler 234.
— — Trochlearis 248.
— — Vagus, hinterer 210, 214.
— — — motorischer (vorderer) 216.
— des Keilstranges 202, 205.
— — Sehhügels 260.
— — zarten Stranges 202.
— rother der Haube 251, 272.
— weisser 248.
Kernblatt der Hakenwindung 298.
Kernzone der Linse 615.
Kieferwall 413.
Kittsubstanz 59, 103, 107.
Kleinhirn 236.
Kleinhirnbündel, horizontale 193.
Kleinhirn, Commissuren des 240.
— graue Kerne des 240.
— Marklager des 239, 240.
— Rinde des 237.
Kleinhirn-Seitenstrangbahn 188, 189, 192.
Kleinhirnstiele 197.
Kleinhirnwurm 237.
Knäueldrüsen 568.
Knäuelfigur der Zellkerne 29.
Knäuelzellen der Samenkanälchen 519.
Knie der inneren Kapsel 258.
— inneres des N. facialis 227.
Kniehöcker, äusserer 257, 261, 262.
— innerer 249, 262.
Knochen 136.
— Blutgefässe der 146.
— calcinirter 106.
— Entstehung und Wachsthum der 148, 155.
— -Fibrillen 107, 141.
— -Kanälchen 137.
— -Knorpel 106.
— knorpelig präformirte 148, 149.
— -Körperchen 137, 143.
— -Lamellen 137.
— Nerven der 147.
— secundäre (Beleg-) 148, 154.
Knochenanlage, endochondrale 149.
— perichondrale 150, 153.
Knochenbildung, intermembranöse 154.
— periostale 150, 153.
Knochenmark 144.
— fötales 153.
— gelbes 144.
Knochenmark, gelatinöses 145.
— rothes 144.
— Blutgefässe desselben 147, 153.
— lymphoide Zellen desselben 45, 145.
Knochensubstanz 106.
— compacte 137, 138.
— geflechtartige 107, 156.
— lamelläre 107, 156.
— spongiöse 137.
— Apposition der 155.
— Resorption der 156.
Knochenwachsthum, interstitielles 155.
Knochenzellen 138.
Knorpel 125.
— Altersveränderungen der 134.
— elastischer (Netz-) 133.
— Entwicklung und Wachsthum des 131.
— Grundsubstanz des 102.
— -Höhlen 126, 134.
— hyaliner 126.
— -Kanäle 129.
— -Kapseln 128.
— -Mark 129.
— der Ohrtrompete 654.
— permanente und transitorische 126.
— Verkalkung des 129.
— -Zellen 125, 128.
Knospung 32.
Körnchenbildungen im Blute 58.
Körnchenkreis 13.
Körnchenzellen 44.
Körner der Grosshirnrinde 296.
— — Kleinhirnrinde 239.
— -Schichte der Kleinhirnrinde 239.
— — — Retina, äussere 607.
— — — — innere 603.
— -Zellen 603.
Körper, linsenförmige 606.
Körperchen, *Grandry'sche* 319.
— *Hassal'sche* 378.
— *Herbst'sche* 325.
— *Malpighi'sche*, der Milz 381.
— — — der Nieren 488, 491, 495.
— *Meissner'sche* (*Wagner'sche*) 319.
— *Pacini'sche* (*Vater'sche*) 323.
Körperhöhlen, seröse 359.
Kolbenkörperchen 322.
Kolbenzellen 322.
Kopfplatte 646.
Kranzform der Kernfigur 29.
Krystalle, *Charcot'sche* 56.
— des Hämatin 54.
— des Hämatoidin 54.
— des Hämin 54.
— des Hämoglobin 53.
— Sperma- 514.
— *Teichmann'sche* 54.
Krystalllinse 614.
Kugelkern 240.
Kurze Bahnen des Rückenmarkes 189.

L.

Labdrüsen 430.
— Zellen der 431.
Labia majora 547.
— minora 547.
Labium tympanicum 643.
— vestibulare 643.
Labyrinth 637.
— Blutgefässe desselben 650.
— Untersuchung desselben 650.
Längsbündel, hinteres 229, 231, 245, 252, 274.
— unteres 293.
— der Formatio reticularis 232.
Lamellensystem, *Havers'sches* 141.
— intermediäres 141.
Lamina cribrosa 584.
— fusca 583.
— medullaris externa 260.
— — interna 260.
— — involuta 298.
— reticularis 647.
— spiralis 641.
— suprachoroidea 584, 590.
Langerhans'sche Zellen 317, 393, 553.
Leber 455.
— Lymphgefässe der 471.
— Nerven der 471.
Leberarterie 460.
Leberinselchen 457.
Leberkapsel 469.
Leberzellen 456.
Lederhaut 120, 548.
Leitungssysteme 168.
Lendenanschwellung 179.
Leptothrix buccalis 417.
Leukocyten 34, 40.
Lider 631.
— Blutgefässe derselben 634.
— Lymphgefässe derselben 635.
— Nerven derselben 636.
Lidmuskel, *Müller'scher*, 631, 633.
Lidrandmuskel 632.
Lieberkühn'sche Drüsen 439.
Ligamentum arteriosum 339.
— denticulatum 302.
— interlamellare 324.
— labyrinthi canaliculorum 638.
— — sacculorum 639.
— pectinatum 590, 597.
— spirale 643, 644.
Linien, *Schreger'sche* 410.
Linse des Auges 614.
— Fasern derselben 614.
— Kapsel derselben 614.
— Nähte derselben 616.
Linsenkern des Grosshirns 254, 269, 276, 278.
— Glieder desselben 256, 259.
— Marklamellen desselben 256.
— Schläfefortsatz desselben 256.
— Schlinge 274.
Liquor folliculi 537.
Locus coeruleus 235.
Longitudinale Bündel d. Hinterhörner 185.
Lufträume, terminale 478, 483.
Luftröhre 476.
Luftwege, Muskulatur der 480.
Lungen 477.
— Blutgefässe der 484.
— Lymphgefässe der 486.
— Nerven der 486.
Lunula 555.
Luys'scher Körper 272, 274, 282.
Lymphcapillaren 352, 353.
Lymphcysterne 352.
Lymphfollikel 357, 367.
Lymphgefässe 353.
— subseröse 447.
Lymphgefässstämme 352, 355.
Lymphgefässsystem 352.
Lymphgefässwurzeln 361.
Lymphinfiltration 369.
Lymphknoten 369.
— Blutgefässe der 375.
— Lymphbahnen der 372.
— Nerven der 376.
— Parenchym der 371.
Lymphräume, perivasculäre 358.
Lymphsinus 352, 357.
Lymphzellen 42.
Lymphoide Zellen 40.

M.

Macula acustica 640.
— lutea 610.
— pellucida 538.
Magen 429.
— Blutgefässe desselben 443.
— Lymphgefässe desselben 446.
— Muskulatur desselben 434.
— Nerven desselben 448.
— Schleimhaut desselben 429.
Magenschleimdrüsen 433.
Mandeln 427.
Markhaut der Knochen 145.
Markhöhle der Knochen 137.
Marklager, sagittales 262.
Markmantel des Grosshirns 292.
— des Rückenmarkes 186, 187.
Markräume 151, 153.
— primordiale 150.
Markscheide 88.
Markscheidenbildung 177.
Marksegel, vorderes 221, 237.
Marksegmente, *Lantermann'sche* 89.
Markstränge 372.
Markstrahlen 491.
Mark, verlängertes 196.
Markzellen 46, 145.
Mastzellen 115.
Matrix 555.
Mediales Bündel des Grosshirnschenkels 231, 245, 249.

Medulla oblongata 196.
— — hinteres Feld der 206.
— — mittleres Feld der 207.
— — seitliches Feld der 207.
Melanocyten 45.
Membrana basilaris 643.
— *Bruchii* 591.
— *Descemetii* 589.
— eboris 411.
— fenestrata 106.
— flaccida 657.
— granulosa 536.
— hyaloida 609, 614, 618.
— limitans des Bauchfelles 472.
— limitans interna u. externa 609.
— — olfactoria 661.
— mesenterii propria 473.
— propria 108, 399.
— *Reisneri* 642.
— serosa 120.
— suprachoroidea 584, 590.
— tectoria 648.
— vestibularis 642.
— *Zinnii* 595.
Menstrualperiode 543.
Mesenterium 120.
Mesoblast 5.
Meynert'sches Bündel 260, 271.
Meynert'sche Commissur 264.
Mikromillimeter (Mikron) 41.
Mikropyle 531.
Milchdrüse 574.
Milchkügelchen 575.
Milchsäckchen 574.
Milz 379.
— äussere Kapsel der 379.
— Blutgefässe der 382.
— Lymphgefässe der 384.
— *Malpighi'sche* Körperchen der 381.
— Nerven der 385.
— Pulpa der 381.
— Reticulum der 382.
— Septensystem der 379.
Milzbalken 379.
Milzfasern 383.
Milzpulpa 381.
Mittelhirn 242.
Mittelscheibe 81.
Molekularbewegung 22.
Monaster 29.
Monoplasmatische Zellen 12.
Müller'sche Flüssigkeit 175.
Muldenblatt 298.
Mundhöhlenschleimhaut 403.
— Blutgefässe der 406.
— Lymphgefässe der 406.
— Nerven der 406.
— Schleimdrüschen der 404.
Musculus arrector pili 564.
— ciliaris 593.
— dilatator pupillae 596.
— orbicularis oculi 632.
— sphincter pupillae 596.
Muskelelement 81.
Muskelfaserbündel 162.
Muskelfasern 74.
— glatte 74.
— des Herzens 84.
— quergestreifte 76, 84.
— Primitivfibrillen der 78.
— Zwischensubstanz der 86.
Muskelkästchen 80.
Muskelkästchenflüssigkeit 80.
Muskelkerne 82.
Muskelkörperchen 86.
Muskelprisma 80.
Muskeln mit glatten Elementen 165.
— mit glatten Elementen, Gefässe derselben 166.
— mit glatten Elementen, Nerven derselben 315.
— — quergestreiften Elementen 161.
— — quergestreiften Elementen, Blutgefässe derselben 164.
— — quergestreiften Elementen, Nerven derselben 312.
Myelin 87, 88.
Myeloplaques 36.

N.

Nagel 554.
Nagelbett 554.
Narbengewebe 123.
Nebenhoden 522.
Nebenhöhlen der Nase 663.
Nebenniere 508.
Nebenolive, äussere 211.
— innere 211.
Nervenapparat 167.
— Centralorgan desselben 167.
Nerven, periphere 305.
— — Blutgefässe der 308.
Nervenendigungen 312.
— freie 317.
— motorische 312.
— sensible 315.
— in Sinneszellen 317.
— in Terminalkörperchen 316.
Nervenfasern 86.
— Kaliber derselben 91.
— markhaltige 87, 91.
— marklose 87, 95.
— motorische 91.
— *Remak'sche* 95.
— sensible 91.
Nervenhüllen 120.
Nervenkitt 173.
Nervenknäuel *Gerber'sche* 407.
Nervenmark 87, 88.
Nervennetz *Gerlach'sches* 172.
Nervenplexus 307.
Nervenprimitivfibrille 96.
Nervenring 573.
Nervenscheide 306.

Nervenschollen 314.
Nervenwurzeln des Rückenmarks 183.
— des Rückenmarks, hintere 185.
— des Rückenmarks, vordere 183.
Nervenzellen 97.
Nervenzellenschicht d. Kleinhirnrinde 238.
Nervi ciliares 627.
Nervus cochleae 649.
— olfactorius 300.
— opticus 264, 579.
— — primäre Centren des 266.
Netz, das grosse 120, 474.
Netze, elastische 105.
Netzhaut 598.
— Ciliartheil der 611.
— Faserschichte, äussere der 608.
— Ganglienzellenschicht der 602.
— Gehirnschicht der 599.
— Körnerschicht, äussere der 607.
— — innere der 603.
— Membrana limitans der 609, 612.
— Moleculäre Schicht der 602.
— Neuroepithelschicht der 599.
— Oedem der 611.
— Pigmentmembran der 608, 612.
— Radialfaserschichte der 612.
— Sehnervenausbreitung in der 600.
— Stäbchenschicht der 604.
— Stützsubstanz der 609.
— Untersuchung der 612.
— Zapfen der 605.
— Zwischenkörnerschicht der 603.
Netzknorpel 133.
Netzknoten 14.
Neurilemma 91.
Neuroepithelien 63, 578.
Neuroglia 173.
Neurologische Untersuchungsmethoden 175.
Nieren 487.
— Bindegewebe der 497.
— Blut- und Lymphgefässe der 498.
— Grenzschichte der 490.
— Läppchen der 492.
— Marksubstanz der 490.
— Nerven der 501.
— Rindensubstanz der 491.
— Stroma der 497.
Nierenbecken 501.
Nuclei arciformes 205.
Nuclein 13.
Nucleolus 13.
Nucleus 9, 12.
Nucleus dentatus cerebelli 240.

O.

Oberhaut 548.
Odontoblasten 109, 411.
Oedembildung 113.
Oekoid 53.
Ohrenschmalzdrüsen 570, 657.
Ohrknorpel 657.
Ohrmuschel 657.
Oikoblasten 36.
Olive, grosse, untere 197, 210.
— obere 225.
Olivenfasern 211.
Olivenmark 211.
Olivenzwischenschicht 209.
Opticusellipsoide 606.
Ora serrata 611.
Orbiculus ciliaris 590, 592.
— gangliosus 627.
Organ *Corti'sches* 641, 645.
— *Rosenmüller'sches* 539.
Ossein 106.
Ossification, enchondrale 149.
— intermembranöse 154.
— perichondrale (periostale) 149, 153.
Ossificationspunkte 149.
Osteoblasten 109, 148, 150.
Osteogenes Gewebe 150.
Ostoklasten 157.
Otolithen 641.
Ovula *Nabothi* 543.

P.

Pacchioni'sche Granulationen 303.
Pankreas 449.
Panniculus adiposus 552.
Papilla nervi optici 600.
Papillae circumvallatae 418.
— conicae 418.
— filiformes 416.
— foliatae 419.
— fungiformes 417.
Papillen des Corium 549.
— der Schleimhäute 386.
— secundäre 416.
Parablast 6.
Parablastische Gewebe 5.
Paradidymis 524.
Parallelstreifen von *Retzius* 415.
Paraplasma 11.
Parenchym 40, 369.
Parenchymsaft 361.
Parenchymzellen 63.
Paroophoron 539.
Parovarium 539.
Pedunculusbahn 204.
Pedunculus cerebri 204, 271.
— conarii 271, 291.
— corporis mammillaris 270.
Perforirende (*Sharpey'sche*) Fasern 144.
Perichondrium 120, 130.
Perichoroidealraum 625.
Perikardium 329.
Perilymphe 638.
Perimysium 162.
Perineuralscheide 92.
Perineurium 306.
Periost 120, 143, 146.

Steissdrüse 351.
Stellulae *Verheyenii* 500.
Sternform der Kernfigur 29.
Stigmata 333.
Stoffwechsel der Zellen 19.
Strang, zarter 197.
Stratum corneum 553.
— glomerulosum 301.
— granulosum 299.
— intermedium 258.
— lucidum 554.
— *Malpighii* 553.
— marginale 299.
— moleculare 299.
— radiatum des Ammonshornes 299.
— reticulatum *Arnoldi* 260.
— — des Ammonshornes 299.
— zonale des Sehhügels 259.
— — des verlängerten Markes 198, 206, 211.
Streifenhügel 254.
— Ganglien desselben 254.
Streifige Lagen der Intima 334.
Stria medullaris thalami 258.
— vascularis 644.
Striae acusticae 217.
Strickkörper 197.
Stütz- und Bindeapparat 111.
— -Fasern, *Müller'sche* 609.
— -Substanz des Centralnervensystems 173, 294.
— — der Retina 609.
— -Zellen, *Hensen'sche* 647.
Subarachoidealraum 302, 580.
Subduralraum 302, 580.
Subendotheliale Schicht 334.
Subiculum cornu Ammonis 298.
Substantia gelatinosa centralis 169, 175.
— — *Rolandi* 169, 175.
— innominata 276.
— nigra 242, 246, 271, 274.
— spongiosa 167.
Substanz, elastische 104.
— graue 167.
— weisse 167.
Sulcus intermedius 168.
— lateralis anterior 168.
— — posterior 168.
— spiralis 643.
Sulze, *Wharton'sche* 122.
Sympathische Ganglien 311.
Sympathisches Nervensystem 308.

T.

T-Faser 99.
Taeniae coli 443.
Talgdrüsen 566.
Tapetum 262.
Tarsus 631, 632.
Tastflecken 319.
Tastkörperchen 317.
Tastkolben 320.
Tastscheibe 318.
Tastzellen 317.
Telae choroideae 304.
Tenacula cutis 552.
— tendinum 119.
Terminalfaser der *Vater'schen* Körperchen 323.
Terminalkörperchen 316.
Terminalsinus 374.
Textura 3.
Textus cellulosus S. 113.
Thalamus opticus 257, 259, 276.
— — centrale Faserung des 287.
Theca folliculi 536.
Thränendrüse 636.
— accessorische 634.
— -Nasengang 637.
— -Röhrchen 637.
— -Sack 637.
Thymus 376.
Tonsillen 427.
Tractus olfactorius 300.
— opticus 262, 264.
— peduncularis transversus 267.
— semicircularis 241.
Trichterlappen 290.
Trigeminuskern 232, 234.
— -Wurzeln 201, 206, 232, 235.
Trigonum vesicae 505.
Trochleariswurzel 248.
Trommelfell 656.
Trommelhöhle 652.
Tuba *Eustachii* 653.
Tubenknorpel 653.
Tubentonsille 655.
Tuber olfactorium 300.
Tuberculum anterius des Sehhügels 257.
— cuneatum 198.
— *Rolandi* 198, 201.
Tunica adiposa 497.
— adventitia der Arterien 336.
— — der Venen 341.
— albuginea 401.
— dartos 551.
— intima der Arterien 331.
— — der Venen 340.
— media der Arterien 335.
— — der Venen 340.
— muscularis externa 434, 443.
— — muscosae 387.
— propria 386.
— submucosa 388.
— vasculosa 515, 579.
Tunnel des *Corti'schen* Organes 645.

U.

Uebergangsepithel 393.
Uebergangsgefässe 346.
Umspinnende Faser 100.
Ureter 501.

Ursamenzellen 521.
Urzeugung 28.
Uterus 541.
— Blutgefässe des 545.
— Lymphgefässe des 545.
— Muskulatur des 543.
— Nerven des 545.
— Schleimhaut des 541.
Utriculus 638.

V.

Vacuolen 12.
Vagina 545.
Vaguskern, hinterer 210.
— vorderer 216.
Vaguswurzel, aufsteigende 205, 210.
Varicositäten der Nervenfasern 89.
Vas aberraus 524.
— afferens 370, 495.
— deferens 523.
— efferens 370, 495, 522.
— epididymidis 522.
— prominens 644, 651.
— spirale 644, 651.
Vasa aberrantia der Leber 467.
Vasa vasorum 347.
Vasodentin 411.
Vasoformative Zellen 347.
Velum medullare anterius 221, 237.
Venae vorticosae 623.
Venen 339.
— *Breschet'sche* 341.
— interlobulare 458.
— intralobulare 457.
— Klappen der 342.
— sublobulare 459, 460.
Verdauungsapparat 385.
Verhornung der Epithelzellen 62.
Verkalkungspunkt 150.
Vestibulum nasi 663.
— vaginae 546.
Vicq d'Azyr'sches Bündel 260, 270, 276.
— — *'scher* Streifen 294.
Vierhügel, obere 243.
— untere 243, 246.
Vierhügelplatte 243.
Vliessfasern 241.
Vorcapillaren 346.
Vorderhorn 169.
Vorderstrang 168, 179.
Vorderstranggrundbündel 188, 189.
Vorhofssäckchen 638.
Vormauer 263.
Vorraum 430, 432.

W.

Wanderzellen 23, 34, 43, 44, 116.
Wasserleitungen des Labyrinthes 652.
Weigert'sche Methode 172.
Weisser Kern 248.
Weisse Substanz des Rückenmarkes 168.
Wernekinck'sche Commissur 248.
Wirtelvenen 623.
Wollustkörperchen 321.
Wucheratrophie 73.
Wurm des Kleinhirnes 237.
Wurzel des Gewölbes 260, 270.
Wurzeln des Abducens 197, 226.
— — Accessorius 186.
— — Acusticus, oberflächliche 218.
— — — tiefe 218, 223.
— — Facialis 224, 226.
— — Glossopharyngeus 197.
— — Hypoglossus 197, 209.
— — Oculomotorius 243, 252.
— — Olfactorius 300.
— — Opticus 264.
— — Riechlappens 300.
— der Rückenmarksnerven 183.
— des Trigeminus 232.
— — — absteigende (gekreuzte) 233, 245.
— — — aufsteigende 201, 206, 232.
— — — grosse (sensible) 233.
— — — kleine (motorische) 232.
— — Trochlearis 248.
— — — Austrittsschenkel derselben 245.
— — — Ursprungsschenkel derselben 247.
— — Vagus 197.
— — — aufsteigende 205, 210.
Wurzelperiost 413.
Wurzelscheide des Haares 556.
— äussere 562.
— innere 563.

Z.

Zähne 407.
— Entwicklung derselben 413.
Zahnbein 107, 112, 408.
Zahnfasern 410.
Zahnfleisch 403.
Zahnfurche 413.
Zahnkanälchen 408.
Zahnkitt 412.
Zahnpapille 413.
Zahnpulpa 411.
— Nerven der 411.
Zahnsäckchen 415.
Zahnscheiden 410.
Zahnscherbchen 415.
Zahnschmelz 412.
Zahnwälle 413.
Zapfen 603, 605.
Zapfenfaser 604, 607.
— — -Kegel 607.
Zapfenkorn 604, 607.
Zarter Strang 168, 197.
Zelle 9.

Zellen, Arten der 40.
— adelomorphe 431.
— centroacinaere 401.
— *Corti'sche* 646.
— cubische 17.
— cylindrische 17.
— *Deiters'sche* 647.
— delomorphe 432.
— diplasmatische 12.
— endotheliale 69.
— epitheliale 58.
— granulirte 115.
— kegelförmige 17.
— kugelförmige 16.
— *Langerhans'sche* 317, 393, 553.
— lymphoide 40.
— monoplasmatische 12.
— plattenförmige 17, 114.
— polyedrische 16.
— scheiben- oder linsenförmige 17.
— spindelförmige 17.
— verästigte oder sternförmige 17.
— Bewegungserscheinungen der 21.
— Beziehungen der 39.
— Entstehung u. Fortpflanzung der 28.
— Form und Grösse der 16.
— Lebensäusserungen der 21.
— Lebensdauer der 36.
— morphologische Eigenschaften d. 9.
— Stoffwechsel der 19.
— vitale Eigenschaften der 18.
— Wachsthum der 35.
Zellbestandtheile, Bedeutung der 37.
Zellbildung, freie 28.
— endogene 32.
Zellenarme Schicht 297.
Zellenlehre allgemeine 8.
Zellennester 311.
Zellgewebe 8, 113.
Zellhülle 15, 39.
Zellkern 9, 12, 38.
Zellkörper 9, 38.
Zellleib 9.
Zellmembran 15, 39.
Zelltheilung 28, 32.
— Dauer der 32.
— durch Knospung 32.
Zirbel 291.
Zirbelstiel 271, 291.
Zona fasciculata 510.
— glomerulosa 510.
— pectinata 643.
— pellucida 531.
— perforata 643.
— radiata 532, 537.
— reticularis 511.
— tecta 643.
Zonula ciliaris *(Zinnii)* 617.
Zooid 53.
Zotten 386.
Zottenraum, centraler 447.
Zunge 416.
— Blutgefässe der 423.
— Drüsen der 422.
— Lymphgefässe der 424.
— Musculatur der 421.
— Nerven der 424.
— Papillen der 416.
— Schleimhaut der 416.
Zungenbälge 419.
Zwillingsinselchen 460.
Zwillingspapillen 404.
Zwillingstastzellen 319.
Zwinge 293.
Zwischenschicht 258, 268, 272.
Zwischensubstanz des fibrillären Bindegewebes 113.
— des Kernes 15.
— der Muskelfasern 86.
Zwischensubstanzen 3, 101.
— Entwicklung der 109.
Zwischenvenen 458.
Zwischenwirbelbänder 136.
Zwischenzellen 515.

Satzberichtigungen:

Seite 256 Zeile 12 und 23 von oben ist zu lesen strié anstatt striée.
„ 369 „ 1 von oben ist zu lesen Zungenbälge anstatt Zungenbälgen.
„ 455 „ 4 von unten „ „ „ Wirbelthiere „ Säugethiere.

COLUMBIA UNIVERSITY

This book is due on the date indicated below, or at the expiration of a definite period after the date of borrowing, as provided by the rules of the Library or by special arrangement with the Librarian in charge.

DATE BORROWED	DATE DUE	DATE BORROWED	DATE DUE
C28(638)M50			

COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARIES

QM551 T57 1884

Toldt

Lehrbuch der gewebelehre.